

الطبعة الثانية

الحشرات

التركيب و الوظيفة

« الجزء الأول »

تأليف
ر. ف. شامان



ترجمة

أ. د. أحمد لطف عبد السلام

أ. د. هادي الله

أ. د. محمد

مراجعة

أ. د. شعراوي

أ. د. عصمت عبد القادر القاضي

0156818



Bibliotheca Alexandrina



الدار العربية للنشر والتوزيع

اهداءات متنوعة

DIFFERENT GIFTS

الحشرات

التركيب و الوظيفة

الحشرات

التركيب و الوظيفة

تأليف
ر. ف. شابمان

ترجمة

د. أحمد لطفي عبد السلام د. أحمد على جمعة د. أحمد إسماعيل جاد الله
أستاذ الحشرات الاقتصادية أستاذ الحشرات الاقتصادية أستاذ الحشرات الاقتصادية
كلية الزراعة جامعة الأزهر كلية الزراعة - جامعة عين شمس كلية الزراعة - جامعة الأزهر

د. منير محمد متولي د. فائزة مرعي أحمد
أستاذ الحشرات الاقتصادية أستاذ الحشرات المساعد
كلية الزراعة - جامعة الأزهر كلية الزراعة - جامعة عين شمس

مراجعة

دكتور. محمد فوزي الشعراوي د. عصمت عبد القادر القاضي
نائب رئيس جامعة عين شمس أستاذ الحشرات كلية الزراعة
عميد زراعة عين شمس « سابقاً » جامعة عين شمس



الدار العربية للنشر والتوزيع

THE INSECTS

Structure and Function

حقوق النشر :

*English Edition:

* الطبعة الانجليزية

Hodder and Stoughton

Copyright © 1969 and 1971 K.F. Chapman.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system without Permission in Writing From The Publisher.

* Arabic Edition:

* الطبعة العربية :

— الطبعة العربية الأولى ١٩٨٦ .

— الطبعة العربية الثانية ١٩٨٨ .

ISBN - 977 - 1475 - 24X

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة © للدار العربية للنشر والتوزيع
١٧ ش نادى الصيد - الدقى - القاهرة

ت : ٧١٨٠٠٦ - ٨٣٧١٩٦

لا يجوز نشر أى جزء من هذا الكتاب أو إختزان مادته بطريقة الإسترجاع أو نقله على أى وجه أو بأى طريقة سواء كانت الكترونية أو ميكانيكية أو بالتصوير أو بالتسجيل أو خلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة ومقدماتاً .

المحتويات

١٣	..... مقدمة الناشر
١٥	..... مقدمة الطبعة العربية
١٧	..... مقدمة الطبعة الأجنبية

القسم الأول

الرأس ، تناول الغذاء ومعدل الاستفادة منه

٢١	..... : الرأس وزوالده	• الفصل الأول
٢٢	..... ١ - الرأس	
٢٨	..... ٢ - العنق	
٢٩	..... ٣ - قرون الاستشعار	
٣٣	..... ٤ - أجزاء الفم	

٤٠	..... : الاختذاء	• الفصل الثاني
٤٠	..... ١ - عادات الاختذاء	
٤١	..... ٢ - إيجاد وتمييز الطعام	
٤٧	..... ٣ - تفضيل الأطعمة	
٤٨	..... ٤ - التكيف على الطعام	
٤٩	..... ٥ - الإختذاء وتناول الطعام	
٥٠	..... ٦ - الحشرات التي تنسى الفطريات	
٥١	..... ٧ - توقيت الاختذاء	
٥٣	..... ٨ - تخزين الطعام	
٥٤	..... ٩ - الإطعام الاجتماعي	

٥٥	..... : القناة الهضمية	• الفصل الثالث
٥٥	..... ١ - التركيب العام	

٥٦	٣ - ٢ الملى الأمامى
٦١	٣ - ٣ الملى الأوسط
٦٧	٣ - ٤ الملى الخلفى
٦٩	٣ - ٥ التغذية العصبية للقناة الهضمية
٧٠	٣ - ٦ مرور الطعام خلال القناة الهضمية
٧١	٣ - ٧ غدد الرأس

٧٥	الفصل الرابع : الهضم والامتصاص
٧٦	٤ - ١ الهضم
٧٨	٤ - ٢ الامتصاص
٧٨	٤ - ٣ كفاية الاستفادة من الطعام

٨٠	الفصل الخامس : التغذية
٨١	٥ - ١ الاحتياجات الغذائية
٨٢	٥ - ٢ تأثير نقص الطعام

٨٥	الفصل السادس : الجسم الدهنى وعمليات الأيض
٨٥	٦ - ١ الجسم الدهنى
٨٩	٦ - ٢ التلاؤلؤ (انبعاث الضوء)

٩٢	الفصل السابع : اللون
٩٢	٧ - ١ طبيعة اللون
٩٤	٧ - ٢ ألوان الحشرات
٩٤	٧ - ٣ تغير اللون
٩٧	٧ - ٤ أهمية اللون

القسم الثانى

الصدر والحركة

١٠٣	الفصل الثامن : الصدر والأرجل
١٠٣	٨ - ١ التعميل

١٠٥	..... ٨ - ٢ الصدر
١١١	..... ٨ - ٣ الأرجل
١٢٠	..... : التحريك
١٢٠	..... ٩ - ١ المشي
١٢٨	..... ٩ - ٢ القفز
١٣٢	..... ٩ - ٣ الزحف
١٣٥	..... ٩ - ٤ الحركة على سطح الماء
١٣٦	..... ٩ - ٥ الحركة تحت الماء
١٣٨	..... : الأجنحة
١٣٨	..... ١٠ - ١ ظهور وتركيب الأجنحة
١٤٣	..... ١٠ - ٢ تحورات الأجنحة
١٤٨	..... ١٠ - ٣ تشابه الأجنحة مع الصدر
١٥٠	..... ١٠ - ٤ تفصل الأجنحة مع الصدر
١٥١	..... ١٠ - ٥ نبي الأجنحة
١٥٣	..... ١٠ - ٦ أعضاء الحس ودهوس الأقران
١٥٤	..... ١٠ - ٧ العضلات المتصلة بالأجنحة
١٥٥	..... : العضلات
١٥٥	..... ١١ - ١ التركيب
١٥٩	..... ١١ - ٢ طاقة الانقباض العضل

القسم الثالث الطن والتاسل والتطور

١٦٥	..... : البطن
١٦٥	..... ١٢ - ١ تمثيل البطن
١٦٨	..... ١٢ - ٢ زوائد البطن

١٧٣	.....	• الفصل الثالث عشر : الجهاز التناسل
١٧٣	.....	١ - تشرح أعضاء التناسل الداخلية في الذكر
١٧٧	.....	١٣ - ٢ مراحل تكوين الحيوانات المنوية
١٧٩	.....	١٣ - ٣ انتقال الحيوانات المنوية إلى الحويصلة المنوية
١٨٠	.....	• الفصل الرابع عشر : وضع البيض والبيضة
١٨٠	.....	١٤ - ١ الأعضاء التناسلية الخارجية في الأنثى
١٨٣	.....	١٤ - ٢ وضع البيض
١٨٦	.....	١٤ - ٣ البيضة
١٩٤	.....	• الفصل الخامس عشر : علم الجنين
١٩٥	.....	١٥ - ١ الإخصاب
١٩٥	.....	١٥ - ٢ نضج البويضات
١٩٦	.....	١٥ - ٣ التلج (أو الانشطار) وتكون الأدمة الجرثومية (أو البلاستودرم)
١٩٨	.....	١٥ - ٤ المراحل المبكرة من نمو الجنين
٢٠٢	.....	١٥ - ٥ حركة الجنين
٢٠٥	.....	• الفصل السادس عشر : نماذج غير عادية من التطور
٢٠٥	.....	١٦ - ١ ظاهرة ولادة أحياء
٢١٠	.....	١٦ - ٢ ظاهرة تعدد الأجنحة
٢١٢	.....	١٦ - ٣ التكاثر البكرى
٢١٣	.....	١٦ - ٤ تكاثر الأطوار الغير كامله
٢١٤	.....	• الفصل السابع عشر : الفقس وهو بعد الجنين
٢١٤	.....	١٧ - ١ الخروج من البيضة
٢١٩	.....	١٧ - ٢ الانسلاخ الوسطى
٢١٩	.....	١٧ - ٣ عدد الأعمار

٢٢٠	..... ١٧ — ٤ أنواع التطور
٢٢٣	..... ١٧ — ٥ أنواع الرقات
٢٢٥	..... ١٧ — ٦ التحول غير المتجانس
٢٢٨	..... • الفصل الثامن عشر : التحول
٢٢٨	..... ١٨ — ١ العذراء
٢٣١	..... ١٨ — ٢ انطلاق الطور الافع

القسم الرابع الجليد والتنفس والإخراج

٢٣٧	..... • الفصل التاسع عشر : جدار الجسم
٢٣٨	..... ١٩ — ١ البشرة ومشتقاتها
٢٣٩	..... ١٩ — ٢ الجليد
٢٤٤	..... ١٩ — ٣ الانسلاخ وتكوين الجليد
٢٥١	..... • الفصل العشرون : الجهاز القصى والتنفس في الحشرات
٢٥١	..... ٢٠ — ١ الجهاز القصى
٢٥٩	..... ٢٠ — ٢ التفور التنفسية
٢٦٤	..... ٢٠ — ٣ انسلاخ الجهاز القصى
٢٦٤	..... ٢٠ — ٤ تبادل الغازات
٢٦٧	..... ٢٠ — ٥ وظائف أخرى للجهاز القصى
٢٦٨	..... • الفصل الواحد والعشرون : التنفس في الحشرات المائية وداعلية الطفل
٢٦٨	..... ٢١ — ١ الحشرات المائية التي تحصل على الأكسجين من الهواء
٢٧١	..... ٢١ — ٢ الحشرات التي تحصل على الأكسجين من الماء
٢٧٥	..... ٢١ — ٣ التنفس في الطفليات الحشرية الداخلية
٢٧٦	..... ٢١ — ٤ الميموجلوين
٢٧٨	..... • الفصل الثاني والعشرون : إخراج المركبات النروجية والأملاح وتنظيم الماء
٢٧٨	..... ٢٢ — ١ الأعضاء الإخراجية
٢٨٤	..... ٢٢ — ٢ الإخراج النروجيني

٢٢	٣ — تخزين المواد الإخراجية	٢٨٦
٢٢	٤ — تنظيم الماء والأملاح	٢٨٦

القسم الخامس

الجهاز العصبي والجهاز الحسي

٢٩١	• الفصل الثالث والعشرون : الجهاز العصبي	٢٩١
٢٣	١ — تركيب الجهاز العصبي	٢٩١
٣٠٥	• الفصل الرابع والعشرون : العيون والإبصار	٣٠٥
٢٤	١ — تكوين وتركيب العيون المركبة	٣٠٥
٢٤	٢ — وظيفة العين	٣١٣
٢٤	٣ — العيون البسيطة الظهيرية	٣١٥
٢٤	٤ — المبرصات الجانبية	٣١٧
٢٤	• أعضاء الحس الجلدية	٣١٨
٣١٩	• الفصل الخامس والعشرون : أحداث الصوت	٣١٩
٢٥	١ — ميكانيكية أحداث الصوت	٣١٩
٣٢١	• الفصل السادس والعشرون : استقبال المؤثرات الميكانيكية	٣٢١
٢٦	١ — الشحومات المتحركة	٣٢١
٢٦	٢ — أعضاء حسية وتربية مرنة	٣٢٦
٢٦	٣ — المستقبلات المتملدة	٣٤٠
٢٦	٤ — حوصلات التوازن	٣٤٣
٢٦	• مستقبلات بالضغط	٣٤٣
٣٤٦	• الفصل السابع والعشرون : الاستقبال الكيماوي	٣٤٦
٢٧	١ — الشم	٣٤٦
٢٧	٢ — استقبال الكيماويات باللمس	٣٥٣
٣٥٦	• الفصل الثامن والعشرون : تأثير الحرارة والرطوبة على الحشرات	٣٥٦
٢٨	١ — الحرارة	٣٥٦
٢٨	٢ — الرطوبة	٣٧١

القسم السادس الدم ، الهرمونات والغرمونات

- الفصل التاسع والعشرون : الجهاز الدوري ٣٧٧
- ٢٩ — ١ تركيب الجهاز الدوري ٣٧٧
- ٢٩ — ٢ الدورة الدموية ٣٨٧
- الفصل الثلاثون : المناعة ٣٩١
- ٣٠ — ١ خلايا الدم ٣٩٢
- ٣٠ — ٢ التحصيل أو الكسلة ٣٩٩
- الفصل الواحد والثلاثون : الغدد الصماء والغرمونات ٤٠٢
- ٣١ — ١ الغدد الصماء ٤٠٢



مقدمة الناشر

يتزايد الاهتمام باللغة العربية في بلادنا يوماً بعد يوم ، ولاشك أنه في الغد القريب مستعيد اللغة العربية هيبتها التي طالما اهتمت وأذلت من أبنائها وغير أبنائها ، ولا ريب في أن إذلال لغة أية أمة من الأمم هو إذلال ثقافتها وفكرها للأمة نفسها ، الأمر الذي يتطلب تضامراً جهود أبناء الأمة رجالاً ونساءً ، طلاباً وطالبات ، علماء ومتقنين ، مفكرين وسياسيين في سبيل جعل لغة العروبة تحتل مكانتها اللائقة التي اعترف المجتمع الدولي بها لغة عمل في منظمة الأمم المتحدة ومؤسساتها في أنحاء العالم ؛ لأنها لغة أمة ذات حضارة عريقة استوعبت — فيما مضى — علوم الأمم الأخرى ، وصهرتها في بوتقتها اللغوية والفكرية ؛ فكانت لغة العلوم والآداب ، ولغة الفكر والكتابة والمخاطبة .

إن الفضل في التقدم العلمي الذي تتمتع به دول أوروبا اليوم يرجع في واقع الأمر إلى الصحوحة العلمية في الترجمة التي عاشتها في القرون الوسطى . فقد كان المرجع الوحيد للعلوم الطبية والعلمية والاجتماعية هو الكتب المترجمة عن العربية لابن سينا وابن الهيثم والفارائي وابن خلدون وغيرهم من عمالقة العرب . ولم ينكر الأوروبيون ذلك ، بل يسجل تاريخهم ما ترجموه عن حضارة الفراعنة والعرب والإغريق ، وهذا يشهد بأن اللغة العربية كانت مطوعة للعلم والتعليم والتأليف ، وأنها قادرة على التعبير عن متطلبات الحياة وما يستجد من علوم ، وأن غيرها ليس بأدق منها ، ولا أقدر على التعبير . ولكن ما أصاب الأمة من مصائب وجودها بدأ مع عصر الاستعمار التركي ، ثم البريطاني والفرنسي ، عاق اللغة من النمو والتطور ، وأبعدتها عن العلم والحضارة ، ولكن عندما أحس العرب بأن حياتهم لا بد من أن تتغير ، وأن جهودهم لا بد أن تدب فيه الحياة ، اندفع الرواد من اللغويين والأدباء والعلماء في إثراء اللغة وتطويرها ، حتى أن مدرسة قصر العيني في القاهرة ، والجامعة الأمريكية في بيروت درست الطب بالعربية أول إنشائها . ولو تصفحنا الكتب التي ألقت أو ترجمت يوم كان الطب يدرس فيها باللغة العربية لوجدناها كتباً متميزة لا تقل جودة عن أمثالها من كتب الغرب في ذلك الحين ، سواء في الطب ، أو حسن التعبير ، أو براعة الإيضاح ، ولكن هذين المهندسين تنكروا للغة العربية فيما بعد ، وسادت لغة المستعمر ، وفرضت على أبناء الأمة فرضاً ، إذ رأى الأجنبي أن في خلق اللغة مجالاً لمرقطة تقدم الأمة العربية . وبالرغم من المقاومة العنيفة التي قابلها ، إلا أنه كان بين المواطنين صنائع سبقوا الأجنبي فيما يتطلع إليه ، ففتنوا في أساليب التحمل له اكتساباً لمرضاته ، ورجال تأثروا بمحاملات المستعمر الظالمة ، يشككون في قدرة اللغة العربية على استيعاب الحضارة المجددة ، وغاب عنهم ما قاله الحاكم الفرنسي لجيشه الزاحف إلى الجزائر : « علموا لغتنا وانتشروها حتى تحكم الجزائر ، فإذا حكمت لغتنا الجزائر ، فقد حكمناها حقيقة . »

فهل لي أن أوجه نداءً إلى جميع حكومات الدول العربية بأن تبادر — في أسرع وقت ممكن — إلى اتخاذ التدابير ، والوسائل الكفيلة باستعمال اللغة العربية لغة تدريس في جميع مراحل التعليم العام ، والمهني ، والجامعي ، مع العناية الكافية باللغات الأجنبية في مختلف مراحل التعليم لتكون وسيلة الاطلاع على تطور العلم والثقافة والانفتاح على العالم . وكلنا ثقة من إيمان العلماء والأساتذة بالتهريب ، نظراً لأن استعمال اللغة القومية في التدريس يسر على الطالب سرعة الفهم دون عائق لفوى ، وبذلك تزداد حصيلته الدراسية ، ويرتفع بمستواه العلمي ، وذلك يعتبر تأصيلًا للفكر العلمي في البلاد ، وتمكيناً للغة القومية من الازدهار والقيام بدورها في التعبير عن حاجات المجتمع ، وألفاظ ومصطلحات الحضارة والعلوم .

ولا يغيب عن حكومتنا العربية أن حركة التهريب تسير متباطئة ، أو تكاد تتوقف ، بل تُحارب أحياناً ممن يشغلون بعض الوظائف القيادية في سلك التعليم والجامعات ، ممن ترك الاستثمار في نفوسهم سُدًى وأمراساً ، رغم أنهم يعلمون أن جامعات إسرائيل تدّرجت العلوم إلى اللغة العربية ، وعدد من يتخاطب بها في العالم لا يزيد على خمسة عشر مليون يهودياً ، كما أنه من خلال زياراتنا لبعض الدول ، وإطلاعي وجدت كل أمة من الأمم تدرس بلغتها القومية مختلف فروع المعارف والآداب والتقنية ، كاليابان ، وإسبانيا ، ودول أمريكا اللاتينية ، ولم تشكل أمة من هذه الأمم في قدرة لغتها على تغطية العلوم الحديثة ، فهل أء العرب أقل شأناً من غيرها ؟!

وأخيراً .. وتمشيًا مع أهداف الدار العربية للنشر والتوزيع ، وتحقيقاً لغرضها في تدعيم الإنتاج العلمي ، وتشجيع العلماء والباحثين في إعادة مناهج التفكير العلمي وطرائقه إلى رحاب لغتنا الشريفة ، تقوم الدار بشر هذا الكتاب المتميز الذي يعتبر واحداً من ضمن ما نشرته - وستقوم بنشره - الدار من الكتب العربية التي قام بتأليفها نخبة ممتازة من أساتذة الجامعات المصرية والعربية المختلفة .

وبهذا ... ننذع عنها قطعناه على التَّحَقُّق قَنَّا فيما أردناه من خدمة لغة الوحي ، وفيما أراد الله تعالى لنا من جها فيها .

وقد صدق الله العظيم حيناً قال في كتابه الكريم ﴿ وَقُلِ الْمُحْسِنُونَ لِيُحْسِنُوا فَقَدِ اسْتَمَرَّتْ لَهُمْ عَمَلُهُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ ، وَسُورَدُونَ إِلَى عَالِمِ الْكَلْبِ وَالشَّهَادَةِ قَبْلَهُمْ بِمَا كُتِبَتْ لَهُمْ ﴾ .

محمد دويالة

الدار العربية للنشر والتوزيع

مقدمة الطبعة العربية

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذى هدانا لهذا وما كنا لنهتدى لولا أن هدانا الله ، والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم .

شاء الله سبحانه وتعالى أن نلتقى ، وكنا نفرأ من الأصدقاء نعمل فى ميدان واحد وإن تباعدت أماكن عملنا ، قد جمع بيننا وحدة المنبت فحن جميعاً من غراس معهد دراسى واحد ندين له بالعرفان والفضل ألا وهو كلية الزراعة بجامعة عين شمس ، هذا وإن كان نصفنا قد وفقه الله إلى العمل فى معهد آخر عريق ينتمى إلى جامعة شاذلة وهى كلية الزراعة بجامعة الأزهر

وقد جذب إنتباهنا جميعاً هذا المرجع الفذ فى علم الحشرات ، الذى يجرى على منوال فريد بين أقرانه ، إذ استخدم كل ضروب المعرفة فى مجالات هذا العلم وجمعها بين دفيه لتفسر بعضها بعضاً ، فالكتاب يفلح ألتأاز السلوك الحشرى فى البيئات الطبيعية ويصل إلى أعماقه بعد أن يكون قد وظف فى ذلك علوم الشكل والفلسفة والبيئة فى ترابط تام بينها ، وهذا أحلوب لم يسلكه من قبل أحد مما يسر الأمر على الدارسين سواء كانوا مبتدئين أم طلاباً للدراسات العليا ، وكان من حسن حظ الجميع أن تضافرت جهود هذه النخبة الطيبة من علماء الحشرات فى جامعتين عريقتين على تعريب هذا المرجع العظيم وبذلوا فى ذلك جهداً مضنياً حتى أنجزوا هذا العمل الضخم الذى سيبقى دائماً صرحاً منيعاً أثمرته روح التعاون الأخرى والإلتقاء العلمى السديد . وقد قسم المرجع إلى جزئين يقوم الجزء الأول بدراسة المواضيع التى تهتم طلبة مرحلة البكالوريوس بينما يتابع الجزء الثانى مجموعة من المواضيع التى تهتم العاملين فى مجال علم الحشرات وبصفة خاصة طلبة الدراسات العليا والباحثين

وإننا نرجو أن يقوم هذا المرجع بخدمة جميع الأخوة المشتغلين بعلم الحشرات ومقاومة الآفات فى مصر وباقي الدول العربية .

ولفنا الله خدمة العلم .

ذكور محمد فوزى الشعراوى
رئاسة عين شمس

ذكور أحمد لطفى عبد السلام
رئاسة الأزهر

مقدمة الطبعة العربية الثانية

الحمد لله الذى هدانا لهذا ، وما كنا لنهتدى لولا أن هدانا الله ، والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم .

انطلاقاً

من تلك الاستجابة الرائعة التى حدثت عند ظهور الطبعة الأولى لهذا الكتاب ، والتى فاقت توقعاتنا بشكل مثير إلى حد ما ، ورغبة منا فى أن نجرب بعض التعديلات لكى نصل بذلك النهج الدراسى إلى أفضل وجه ممكن ، ووقوفاً على أفضل تحديث لمحتويات هذا الكتاب . من كل هذه العوامل أردنا إصدار هذه الطبعة الثانية ، وقد زهدت ونقحت بما تراءى لنا من إضافات جوهرية حديثة لهذا النهج ، وذلك حتى نظل كمهدنا دائماً ... حريصين على ما تحمته الأمانة العلمية من إضافات ، ومؤكدين لقراءتنا بأننا نطمح إلى تقديم ما يكفل لنا موضع الصدارة فى ميدان البحث والتنقيب عن كل ما يهم جميع المهتمين بهذا اللون من المعرفة .

وفقنا الله لخدمة العلم

دكتور / أحمد لطفي عبد السلام

رئيس قسم وقاية النبات

كلية الزراعة - جامعة الأزهر

دكتور . محمد فوزى الشعراوى

نائب رئيس جامعة عين شمس

عميد زراعة عين شمس « سابقاً »

مقدمة الطبعة الأجنبية

بدأ اهتمامي الخاص بالحشرات بتتبع سلوكها تحت وقع أحوال بيئية شتى ، ثم دفعت لى الرغبة إلى محاولة فهم الأفعال التى تقوم بها الحشرات وكيفية قيامها بهذه الأفعال مما جذب إنتباهى إلى الولوج فى خضم الدراسات المورفولوجية والفسولوجية ، وبالتالي فإن الأسس المورفولوجية والإيكولوجية للدراسة الحشرات كان لها أعظم الأثر فى عمق إدراكى للحشرة ، ومن هنا طُوِّعت وجهة النظر هذه لتكون الركيزة فى تدريس علم الحشرات للطلبة المتدئين وكذا ممن يدرسون دراسات عليا .

وبالرغم من وجود مراجع مرموقة شتى تتناول المورفولوجى والفسولوجى والتاريخ الطبيعى للحشرات ، إلا أنه ليس منها من حاول محاولة جادة لوضع المورفولوجى والفسولوجى جنباً إلى جنب ليربط بين كل هذه الدراسات وبين سلوك الحشرة تحت الظروف الطبيعية ، وليس القصد من ذلك جعل هذا الكتاب كتاباً للدراسات المقارنة ، ولكننى أتعشم أن يُعطى صورة عامة لفهم تكتيك الحشرة على الأقل بالقدر الذى تسمح به المعلومات الحالية

وبعكس التنظيم العام لأقسام الكتاب وفصوله الخط الذى يجرى فيه تفكيرى الخاص ويمكن للمرء أن يحقق أى تنظيم ، ولكننى أتعشم أن تُخدم المقدمات الموجزة التى يستهل بها أى فصل فى الربط بين الأقسام التى لا تكون العلاقة بينها واضحة . وفى ذيل كل مقدمة استهلالية ، سطرت مجموعة من أهم المراجع التى تخص كل موضوع . وبالإضافة إلى ذلك فقد ضمنت هذا الكتاب قائمة بأكثر المراجع أهمية حيث لا يكون موضوع ما قد عولج بما فيه الكفاية من خلال المراجع التى تناولت هذا الموضوع . فى معظم الفصول كان الأمر يجرى على تزويدها بأحدث المراجع ليس فقط من أجل رفع القيمة العلمية لموضوعاتها بل أيضاً من أجل فتح ما استغلق من أبواب إلى مداخل هذه الموضوعات .

وقد يسر ذكر الأصول التى استنبطت منها الرسوم والأشكال تمهيد الطريق إلى الوصول إلى منابع الأولى لهذه الأصول .

وإننى لمدين إلى كثير من الناس الذين ساعدونى فى إنجاز هذا الكتاب ، ولكن المعانة الرئيسية كانت تلك التى قاستها أسرتى ، فقد كان لى فى صبرهم وحسن تفاهمهم نعم المعين ، وبدونهم لم يكن هذا الكتاب ليرى النور ، وبالإضافة إلى ذلك فقد تولت زوجتى عبء مراجعة وتمحيص المؤلف .
كله .

وقامت صديقتي دكتورة لنا وود بتقديم أعظم العون قيمة حينما ساهمت بوضع بعض الإضافات الثمينة إلى هذا المرجع ، وهذا هو نفس ما فعله السيد . هـ . هيوجز الذى قام بمراجعة الكثير من الفصول وزودها بأكثر من وسيلة مما يتمتع به من معرفة بعلم الحيوان

ومن الآخرين الذين ساهموا بنصائحهم القيمة دكتور س.ول ييمانت والسيد ج.و. كارتر والدكتور ل.رائبون ولا يقل عن هؤلاء فضلا تلاميذى الذين قادنى تفكيرهم إلى وضع الكثير من الأفكار والمنجزات وبالرغم من تضافر هذه الجهود الضخمة فإننى ما أزال أخشى من وجود بعض الأخطاء ، فإن وجدت فإننى أكون أنا المسئول الأول عنها .

واننى لأدين نفسى كثيرا إلى البروفسور و.س. بولوغ ناشر هذا المجلد ، فمن طريقه تلقيت التشجيع والنصيحة من وجوه شتى أثناء إنتاج وإظهار هذا الكتاب ، وأتمنى أن تكون مجهوداتى جزءاً عادلاً له ، وقد ساهمت مطبعة الجامعات الإنجليزية مساهمة مفيدة فى إنجازنا هذا .

وأخيرا فإننى أسدى شكرى إلى السيدات اللاتي قمن بنسخ هذا الكتاب على الآلة الناسخة وخصوصاً السيدة م.د بيكارد التى تحملت العبء الأكبر من هذا العمل وطوقت عنقى بمجمل أتمنى أن أرد بعضه وقد ساهمت السيدة هـ لايولين والسيدة د.إسبيلر أيضا بنسخهما لبعض الأجزاء .

ر . ف . شامان

القسم الأول

الرأس ، تناول الغذاء ومعدل الاستفادة منه

The head, ingestion and utilisation of the food

الفصل الأول

الرأس وزوائده

THE HEAD AND ITS APPENDAGES

من صفات مفصليات الأرجل بما فيها الحشرات ، وجود الهيكل الخارجى أو الجليد . ويتكون هذا الجليد من سلاسل من صفائح متصلة ترتبط ببساطة مع بعضها بواسطة أغشية تغطي للجليد المرونة والقابلية للثني ، أو أنها تتمفصل مع بعضها لتعطى حركة أكثر إحكاما لإحدى الصفائح على الأخرى التى تليها .

تشكل الحشرات ومفصليات الأرجل على هيئة حلقات أو عُقَل ، وتتكون كل حلقة أساساً من صفيحة ظهرية تسمى « ترجه » والمرتبطة مع صفيحة بطنية تسمى « إسترنه » بواسطة مساحات غشائية جانبية تسمى « البلورا » . يخرج من المنطقة المحصورة بين الإسترنه والبلورا من على كل جانب من جانبي الحلقة زائدة . فى الحشرات تتجمع هذه فى ثلاث وحدات هى الرأس والصدر والبطن ، وفى الأخيرة قد تختفى أو تتحول الأجزاء القاعدية المختلفة من الحلقات . تتصل أرجل المثنى النموذجية فقط بالثلاث حلقات الصدرية . وفى الرأس تتحول زوائدها لأغراض غذائية بينما تختفى هذه الزوائد من البطن ماعدا بعضها الذى يتحول إلى أعضاء التناسل الخارجية ، كما لوحظ فى الحشرات عديدة الأجنحة Apteriygota وجود بعض الزوائد التى تقع أمام أعضاء التناسل الخارجية .

تشكل رأس الحشرة من علية صلبة قوية مرتبطة مع الصدر بواسطة عنتى غشائى مرن ، وتحمل الرأس أجزاء الفم التى تتكون من الشفة العليا ، والفكين العلويين والفكين السفليين والشفة السفلى وأيضاً أعضاء الحس الهامة . وتحدد علية الرأس من الخارج بواسطة أخاديد يظهر معظمها على هيئة جسور من الداخل ، وبعض هذه الجسور تتمتع فى الرأس وترتبط ببعضها لتكون الهيكل الداخلى . هذه التراكيب تعمل على تقوية الرأس وترتبط بها عضلات الرأس كما أنها تدعم وتحمى المخ والمعى الأمامى .

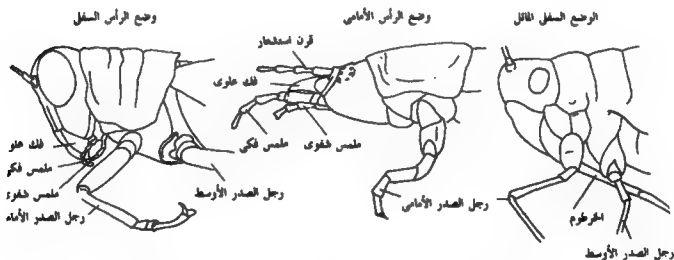
تتكون أعضاء الحس الرئيسية على الرأس من زوج من العيون المركبة ، وثلاث عيونات بسيطة فى الحالة النموذجية وزوج من قرون الاستشعار ، ويختلف الأخير اختلافاً بينا فى الشكل والوظيفة باختلاف الحشرات ولكن عادة يختص بالاستقبال الآلى والكيمائى للمؤثرات الخارجية .

تتكون أجزاء الفم من شفه عليا وأخرى سفلى وزوجين من التراكيب الشبيهة بالثغالب ، وهما الفككان العلوياد والفككان السفليان . في كثير من الحشرات التي تتغذى عن طريق قرض الغذاء يظهر جليا في أجزاء فمها التراكيب الشبيهة بالثغالب ، ولكن في الكثير منها التي تتغذى على غذاء سائل فإن أغلب مكونات أجزاء الفم تصبح أنبوبي الشكل لتتمكن من امتصاص الغذاء ، بينما في بعض الحشرات تظهر أجزاء الفم على هيئة رمح لتخترق أنسجة العائل النباتي أو الحيواني .

١-١ الرأس Head

١-١-١ اتجاه الرأس

يختلف اتجاه الرأس بالنسبة لجسم الحشرة أثناء وقوفها . فوضع الرأس السفلى Hypognathous يعتبر الحالة البدائية وتقع أجزاء الفم عادة أمام الأرجل (شكل ١-١) . وهذا الوضع يوجد غالبا في الحشرات التي تتغذى على عوائل نباتية والتي تعيش في بيئات مفتوحة . أما وضع الرأس الأمامى Prognathous فإن أجزاء الفم توجد على امتداد المحور الطولى لجسم الحشرة ويوجد هذا الوضع في الحشرات المفترسة التي تبحث بنشاط عن فريستها ، وفي اليرقات وخاصة تلك التي تتبع رتبة غمدية الأجنحة والتي تستعمل فكوكها العليا في حفر المحور . وأخيرا يوجد الوضع السفلى المائل Opisthorhynchous والذي فيه تطول أجزاء الفم وتميل للخلف على هيئة خرطوم بين الأرجل الأمامية .



شكل (١-١) أجزاء الفم المختلفة للرأس وأجزاء الفم بالنسبة لجسم الحشرة أثناء وقوفها .
 وضع الرأس السفلى كما في الطغاطات
 وضع الرأس الأمامي كما في يرقة الخفصاء
 وضع الرأس السفلى المائل كما في الن

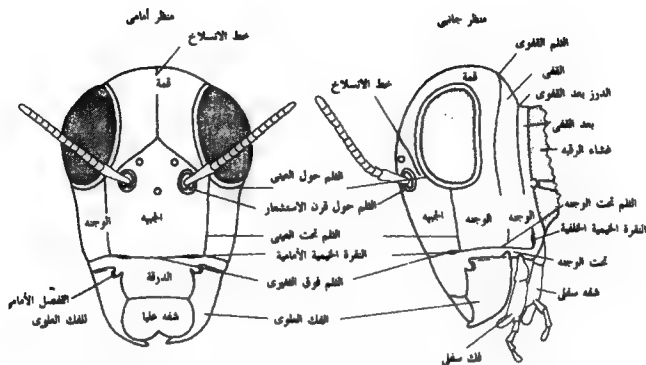
١-٢-١ أعواد الرأس

الرأس عبارة عن علبة صلبة مستقرة بدون وضوح خارجي للتعقيل فيها ولكن يوضح عليها عدد من الأعداد التي تسمى دروز . وقد اقترح Snodgrass عام ١٩٦٠ أن اصطلاح "دروز" يتعلق بالأعداد التي توضح بالخط الخاص باندماج صفيحتين متجاورتين أو متتاليتين . وتسمى الأعداد ذو المنشأ الوظيفي بالثلم . ويعتقد عموماً أن الأعداد ذو النهايات بين نقط التقاء الفكين السفليين بالشفة السفلى من الخلف يوضح خط اندماج حلقتي الفك السفلي والشفة السفلى وبالتالي يعرف باسم الدرز بعد القفوى . أما باقي الأعداد على الرأس فتوضح فقط وجود امتدادات قوية على السطح الداخلي للرأس وبالتالي يطلق عليها الأثلام . ولهذه الأثلام تطور وظيفي وإلى لتقاوم أى مؤثرات خارجية تقع على علبة الرأس ، كما تختلف هذه الأثلام في الوضع باختلاف أنواع الحشرات حتى أن أحدها قد يختفى تماماً في نوع معين من الحشرات بينما يظهر في نوع آخر ، ولو أن الحاجة إلى تقوية جدار الرأس تبدو متشابهة في السواد الأعظم من الحشرات وبالتالي فإن بعض هذه الأثلام تظهر بصورة ثابتة وتشابه في موضعها على غلب رأس الحشرات ، وأكثر الأثلام ثباتاً هو الثلم فوق الثغرى أو الثلم الجبهي الدرق epistomal sulcus الذي يعمل كرباط بين المفصلات الفكية العليا الأمامية (شكل ١-٢) وعلى كل نهاية من هذا الثلم توجد نقرة ، النقرة الخيسية الأمامية Anterior tentorial pit التي تمجد وضع الانعراج العميق ليشكل الذراع الأمامي لحزمة المخ Tentorium . ويتم تقوية الحدود الجانبية للرأس أعلى مفصلات الفكوك العليا بالإنشاء تحت الحدى Submarginal inflexion ، وهو الثلم تحت الوجنة وهو في الواقع استمرار للثلم الجبهي الدرق إلى الثلم بعد القفوى . ويسمى الجزء من الثلم تحت الوجنة الموجود أعلى الفك العلوي باسم الثلم البلوري الثغرى Pieuro stomal ، أما الجزء من هذا الثلم الذي يقع خلف الفك العلوي فيسمى بالثلم تحت الثغرى Substomal .

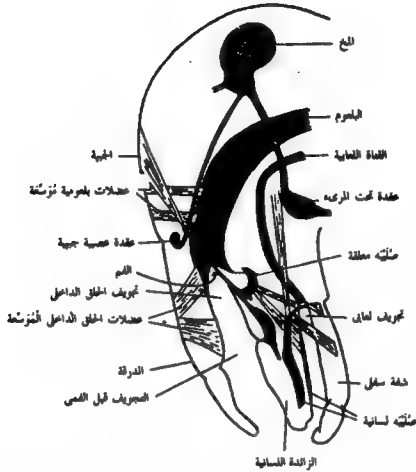
هناك أبعاد آخر معروف هو الثلم حول المعنى Circumocular الذي يقوى حافة العين وقد يتطور إلى شفة عميقة لحماية الجهة الداخلية للعين . وفي بعض الأحيان يرتبط هذا الثلم بالثلم تحت الوجنة بثلم آخر يسمى الثلم تحت المعنى العمودي الذي يعمل مع الثلم حول المعنى كرباط ضد الشد الذي تسببه عضلات الفك العلوي التي تخرج من قمة الرأس .

ويقوى الثلم حول قرن الاستشعار Circumantennal الرأس عند نقطة انغماس قرن الاستشعار فيها ، بينما الثلم الذي يمر عبر الجزء الخلفي من الرأس وراء العيون المركبة يسمى بالثلم القفوى .

في الأطوار غير الكاملة يمر دائماً خط على طول الخط الوسطى الظهري للرأس منقسماً إلى خطين على الوجه مكوناً شكلاً يشبه حرف ٢ (شكل ١-٢) . ولا يرتبط هذا الخط بأحد بل هو خط بسيط وضعيف ويستمر حتى على الصدر ، وعلى امتداده ينشئ الجليد عندما تسلك الحشرة ولذلك يسمى خط الانسلاخ ويسمى الدرز فوق الجسمي Epicranial أو فوق القحف . ويختلف الذراعان الأماميان لهذا الخط اختلافاً بيناً في تطورهما ووضعهما (سنودجراس Snodgrass عام ١٩٤٧) ، أما في الحشرات عديمة الأجنحة Apteriygota فإنهما يكونان مختزلين أو غائبين تماماً . وقد يستمر وجود خط الانسلاخ في الحشرات الكاملة ، وفي بعض الأحيان تنتهي الجسممة على طول هذا الخط مكونة ثلم حقيقي .



١-١-٣ مساحات الرأس



شكل (٣-١). رسم تخيلى بين قطاع طولى لى رأس حشرة قارضة يوضح التجويف قبل القمي وعضلات الزائدة اللسانية (عن Snodgrass عام ١٩٤٧).

وتسمى المساحة الجانبية للرأس تحت العينين المركبتين بالوجنة والتي منها تقطع منطقة تحت الوجنة من أسفل بواسطة الثلم تحت الوجنة ومنطقة بعد الوجنة من وراء بواسطة الثلم القفوى . وتسمى منطقة تحت الوجنة الموجودة فوق الفك العلوى الثغرى البلورى Pleurostoma . أما الجزء من هذه المنطقة الذى يقع وراء الفك العلوى فيُسمى تحت الثغرى Hypostoma .

١-٩-٤ المنطقة البطنية من الرأس

من الناحية البطنية فى الحشرات ذات وضع الرأس السفلى ، تمتد الرأس بواسطة أجزاء الفم مع الشفة العليا مكونين الشفة العليا من الأمام ويظهر الفك العلوى والفكان السفليان من الجانبين ، بينما توجد الشفة السفلى فى الخلف . وتحتصر هذه الزوائد تجويف يطلق عليه التجويف القمي الأمامى من الناحية القاعدية . (شكل ٣-١) . وراء الفم توجد الزائدة اللسانية التى تتكون من جزء غشائى قريب يتصل بالبلعوم . ويُسمى الجزء من التجويف القمي الأمامى مع الجزء القريب من الزائدة اللسانية مع الدرقة باسم تجويف الحلق الداخلى Cibarium . يوجد

تجوف صعر خلف الزائدة البسانية ويبها وبين أشقة السفلى يُسمى التجوف اللعابي Salivarium الذى تفتح فيه النفاة النعابية .

١-١-٥ محورات الرأس

يحدث معظم الاختلافات الواضحة في تركيب عنية الرأس من الناحية الخلفية . من الناحية البؤرجية ، تنشئ الأنلام تحت الثغرية لأعلى من الناحية الخلفية وتمتد لتتصل بالدرز بعد القفوى (شكل ١-٤ أ) . ويتكون الجز البطنى الخلفى من علبة الرأس من عشاء ويستكمل بالشفة السفلى .

وعلى أى حال فإنه في بعض الحشرات يتقابل جانبا منطقة تحت الثغر في خط وسطى أسفل فتحة القفى مكونير الالتحام تحت الثغرى الذى يمتد مع منطقة بعد القفى . ويظهر هذا جليا في الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة (شكل ١-٤ ب) . في حالات أخرى ، كما في الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة والبق المائى *Notanecta* *Nauicorn* يتكون التحام بمائل للسابق بواسطة منطقة بعد الوجنة ولكن هذا الالتحام ينفصل عن بعد القفى بواسطة اندرز بعد القفوى (شكل ١-٤ ج) .

من مكان حمل الرأس في الحشرات ذات الوضع السفلى تتداخل النهايات السفلية لبعء القفى وتعد إلى الأمام ، لتكون الصفيحة البطنية الوسيطة التى تسمى الجولا (Gula) (شكل ١-٤ د) التى يمكن أن تكون تشكيل متصلب ومستمر مع الشفة السفلى ، ودائما ما تختزل هذه الجولا إلى أن تظهر على هيئة خط رفيع نتيجة كمر منطقة بعد الوجنة ، وأحيانا تتقابل هذه المنطقة الأخيرة مع مثيلتها من الناحية الأخرى في خط وسطى واحد وبالتالي تختفى الجولا . وهذا الدرز البطنى الوسطى الذى يتكون عند نقطة التقاء منطقة بعد الوجنة مع مثيلتها من الناحية الأخرى يسمى درز الجولا *Gular suture* .

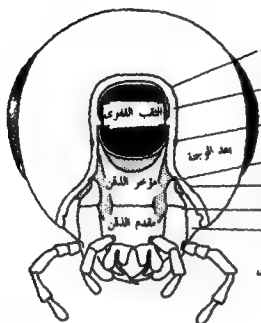
١-١-٦ خيمة المخ

تتكون خيمة المخ من ذراعين أماميين وذراعين خلفيين مكونين الهيكل الداخلى للرأس والذى يعمل كدعامة للرأس وكمكان اتصال العضلات فيه . وتخرج الأفرع الأمامية من النقر الخيمية الأمامية التى توجد في الناحية البطنية والوسطية للفكوك العليا في الحشرات عديمة الأجنحة وتلك التابعة لرتبة جلدية الأجنحة . في الرعاشات تقع النقر على الناحية الجانبية من الفكوك العليا ، بينما في الحشرات الأكثر رقيا تقع من الناحية الوجهية وعند كل نهاية للثلم فوق الثغرى (سنودجراس Snodgrass عام ١٩٦٠) . ويعتقد دو بورتي Du Port (عام ١٩٤٦) أن النقر الخيمية الأمامية ترقد على الثلم بين الجبهة والوجنة .

أما الأذرع الخافعة فإنها تخرج من نقر عند النهايات البطنية للدرز بعد القفوى ويلتحموا مكونين تركيب واحد يسير عبر الرأس من احد جوانبه إلى الجانب المقابل . في الحشرات المجنحة ترتبط الأذرع الأمامية أيضا من أعلى مع هذا الالتحام (شكل ١-٥) ولكن تطور خيمة المخ جميعها يكون بدرجات متفاوتة (انظر سنودجراس Snodgrass عام ١٩٣٥) .

في بعض الأحيان يخرج زوج الأذرع الظهرية من الأذرع الأمامية وقد تتصل بالجلدار الظهري للرأس بواسطة عضلات قصيرة .

أ - الحشرة العامة

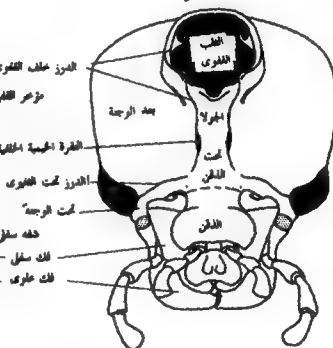
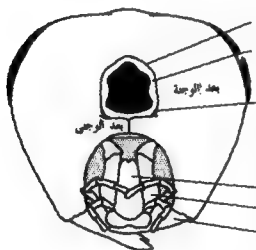


ب - الجسر تحت القفوي



د - الجولا

ج - الجسر بعد الرجي



شكل (٩-٤) الحيوانات التي تحدث خلف الركي

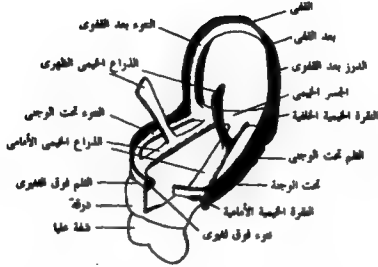
أ - الحشرة العامة

ب - Deromela (من رتبة قاذبة الأجنحة) بجسر تحت القفوي

ج - Vespula (من رتبة غشائية الأجنحة) بجسر بعد الرجي

د - Epicaea (من رتبة غشائية الأجنحة) بجولا

للساحات المظلمة على الرسم هي مساحات غشائية ، بينما تظهر اللون للركبة نقطة غرضها (من صندوق Soodgram عام ١٩٦٠)



شكل (١-٥) رسم تخيلى لحمة الخ وعلاقتها بجنايف وعروق الرأس وقد أنفل الجزء الأكبر من حلبة الرأس (من سودجرى Snodgrass عام ١٩٣٥).

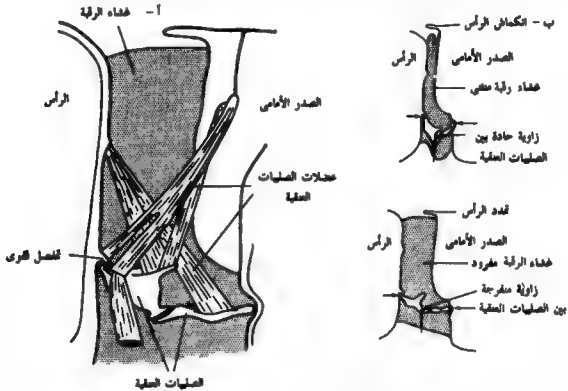
في الحشرات التابعة لعائلة Machilidae (السمك الفضى) يوجد الالتحام الخلفى ولكن لا تصله الأذرع الأمامية ، بينما في الحشرات التابعة لعائلة Lepismatidae تتحد الأذرع الأمامية ليكونوا الصفحة المركزية بالقرب من الالتحام وترتبط به بمضلات قصيرة جدا . وفي حشرة *Tomocerus* (الكولبولا) توجد الأذرع الخيمية الأمامية وكل ذراع يتفرع إلى فرعين بينما تكون الأذرع الخلفية طويلة وتتحد مع بعضها عند الزائدة اللسانية . بالإضافة إلى ما سبق فإن الأربطة التي تربط العضلات الفككية العليا العرضية والعضلات الفككية السفلى تشكل صفائح مربعة ترتبط مع بعضها ومع الأذرع الخيمية الخلفية بأنسجة ضامة ليفية . وتشكل هذه التراكيب مع امتدادات الأربطة الفككية العليا الهيكل الداخلى المقعد في الرأس . وقد لوحظ عدم وجود أذرع خيمية أمامية في *Campodea* ولكن توجد أذرع خلفية طويلة تتحد مع بعضها فوق الزائدة اللسانية . وتوجد أيضا الأربطة العرضية ولكنها تكون أكثر بساطة عنها في حالة حشرة *Tomocerus* . ويعتقد أن اتحاد خيمة المخ مع الزائدة اللسانية في هذه الحشرات داخلية الفكوك *Entognathous* قد يرتبط ذلك بالحركات الغذائية وقابلية الزائدة اللسانية على البروز .

٢-١ العنق (الرقبة) Neck

العنق هو منطقة غشائية تغطي حرية الحركة للرأس ، ويمتد من الثقب القفوى من خلف الرأس إلى حلقة الصدر الأولى . ويمكن أن يشكل الجزء الخلفى من حلقة الشفة السفلى مع الجزء الأمامى من حلقة الصدر الأول . من الناحية الجانبية يوجد في غشاء العنق الصفائح العنقية ، وعددها في الحالة النموذجية اثنتان على كل جانب . وتنشئ الصفحة الأولى من الناحية الأمامية مع التواء المفصل للقفى عند المنطقة الخلفية للرأس ومن الناحية الخلفية مع الصفحة العنقية الثانية التى تنشئ أيضا مع جزء الأسترنة العلوى *Episternum* للحلقة الصدرية الأمامية . تنغرس العضلات الناشئة من بعد القفوى والبرونوتوم *Pronotum* على هذه الصفائح (شكل ٦-١ أ) ، وعند انقباضها تزداد الزاوية المحصورة بين الصفائح وبذلك تدفع الرأس للأمام (شكل ٦-١ ب) .

تعمل العضلة الناشئة من الناحية البطنية والمنغمسة على الصفيحة العنقية الأولى على سحب وانكماش الرأس
أو أنها تعمل على أحداث الحركات الجانبية .

تسير خلال الرقبة عضلات طويلة هي : العضلات الظهرية وهي تخرج من الالتحام قبل الضلعي Antecostal
للحلقة الصدرية الثانية إلى الالتحام بعد القفوى ، والعضلات البطنية التي تخرج من التواء الأسترنى للحلقة
الصدرية الأولى إلى الالتحام بعد القفوى أو إلى خيمة المخ . وتعمل هذه العضلات على سحب الرأس على الحلقة
الصدرية الأولى ، بينما يسبب الانقباض المميز لهذه العضلات حركات الرأس الجانبية .



شكل (١-٦) أ - الرقبة والصلصات العنقية في العطاء عند رؤيتها من الداخل (عن إيز 195٧ عام)
ب - رمان خطيطيان يمان أن حدوث تغير في الزاوية بين الصلصات العنقية يسبب انكماش أو امتداد الرأس . والأسهم توضح فقط المفصل .

٣-١ قرون الاستشعار Antennae

تحمل رأس جميع الحشرات (ماعدا الحشرات التابعة لرتبة Protura) زوج واحد من قرون الاستشعار ، وقد
تظهر هذه القرون بصورة مختلفة جداً وخاصة في الطور اليرق .

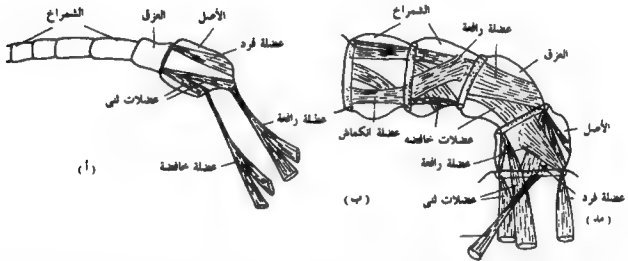
١-٣-١ تركيب قرن الاستشعار

يتكون قرن الاستشعار من الأصل القاعدي والعزق والشمراخ . ينقسم الأصل في المنطقة الغشائية لجدار

الرأس ويتركز على نقطة خدية منفردة تُسمى Antennifer (شكل ١-٨ أ) وبالتالي يصبح قرن الاستشعار حر الحركة في جميع الاتجاهات .

أما الشمراخ فإنه يتكون من عدد من الحلقات المشابهة والمرتبطة مع بعضها البعض بأغشية وبالتالي يصبح الشمراخ مرنا وقابلا للأنثناء . ولا ينطبق اصطلاح تعقيل الشمراخ على الحشرات المنحنية حيث أن هذه العقول أو الحلقات المكونة له لا تتأهل عقل الأرجل (شنيذر Schneider عام ١٩٦٤) .

في الحشرات المنحنية والسملك الفضي يتحرك قرن الاستشعار بواسطة العضلات الرافعة والعضلات المحافظة التي تخرج من الأذرع الخيمية الأمامية وتنغمس في الأصل ، وبواسطة عضلات الثني وعضلات المد التي تخرج من داخل الأصل وتنغمس في العزق (شكل ١-٧ أ) (إمز Imms عام ١٩٤٠) . ولا توجد عضلات في الشمراخ ، أما العصب الذي يمر عبره فهو من النوع الحسي .



شكل (٧-١) الأجزاء القريبة من (أ) قرن استشعار الجراد من جنس *Locusta* منظر جانبي ، (ب) قرن استشعار *Diplura* (من رتبة *Diplura*) منظر ظهري (من إمز Imms عام ١٩٤٠) .

في الحشرات التابعة لرتبتي *Diplura* ، *Collembola* يشابه التعضيل الموجود في قاعدة قرن الاستشعار مع نظيره الموجود في قرون استشعار الحشرات المنحنية ولكن بالإضافة إلى ماسبق يوجد تعضيل داخلي في كل وحدة من وحدات الشمراخ (شكل ٧-١ ب) وبالتالي تعمل هذه الوحدات كحلقات حقيقية . وتنتج خمس عضلات من قاعدة كل حلقة إلى قاعدة الحلقة التالية لتنتج حركات مختلفة ، ولكن في الحلقات الأكثر بعدا تختزل هذه العضلات وقد تغيب بعض هذه العضلات أو إحداها .

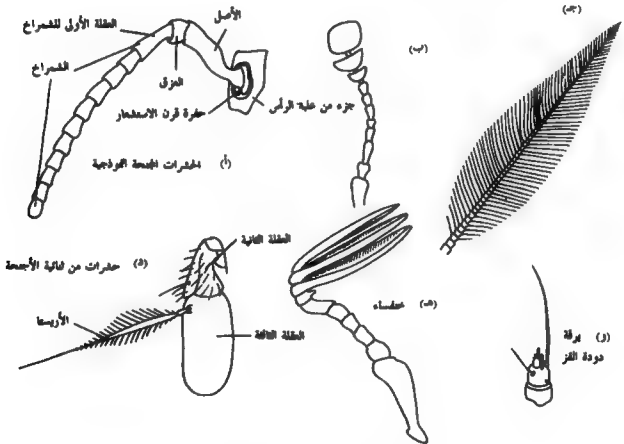
١-٣-٧ نمو قرن الاستشعار

في الحشرات ذات التطور التدريجي والحشرات عديدة التطور يزداد عقل شمراخ قرن الاستشعار أثناء مراحل النمو بعد الجنينية ، فمثلا في حشرة *Locustostaurus* (من رتبة مستقيمة الأجنحة) يتكون قرن الاستشعار من ١٣ عقلة في

حورية من العمر الأول بينما يصل عدد العقل في الحشرة الكاملة إلى ٢٥ عقلة . وتختلف الطريقة التي فيها تضاف عقل جديدة لقرن الاستشعار ، فلما أن تنقسم العقلة الأولى من الشمراخ المتصلة بالعزق وينتج عنها تكوين عقل جديدة بينها وبين العقلة الثانية من الشمراخ في بعض الحشرات ، أو أنه توجد منطقة نمو قمية للشمراخ حيث تنتج عقل جديدة من عقلة الشمراخ الطرفية .

١-٣-٣ الاختلاف في شكل قرون الاستشعار

يختلف شكل قرن الاستشعار في الحشرات ويعتمد ذلك على الوظيفة التي يقوم بها (شكل ١-٨) . في بعض الأحيان ينتج عن محورات قرن الاستشعار زيادة في مساحته السطحية ، فمثلا المساحة السطحية لقرن استشعار ذكر فراشة دودة القز تساوي ٢٩ ملليمتر مربع (بالمقارنة بشكل ١-٨ ب) ، بينما تصل هذه المساحة بدون التفرعات إلى ٤,٨ ملليمتر مربع فقط (شنييدر Schneider عام ١٩٦٤) . والمعنى الجزئي لهذا أنه من المحتمل أن ذلك يسمح بوجود مزيد من الشعيرات الحسية . أما الطول الذي يظهر في شمراخ الصراصير فإن هذا يمكن أن يرتبط باستعمال قرون الاستشعار كمجسات .



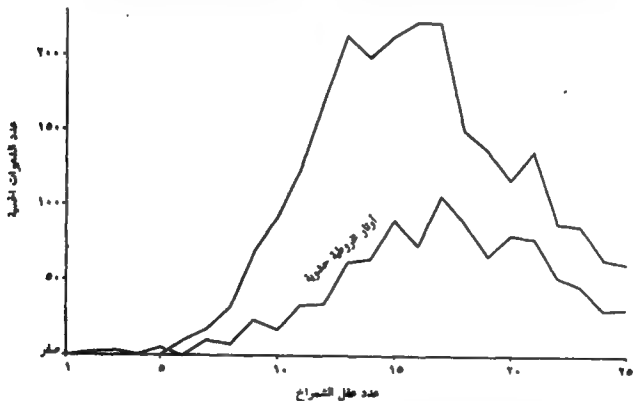
شكل (١-٨) أشكال مختلفة من قرون الاستشعار .

ازدواج الشكل في قرون الاستشعار بين كل من جنس النوع الواحد من الحشرات هو مظهر عام حيث تكون قرون استشعار الذكر في الغالب أكثر تعقيداً من مثيلاتها في الأنثى . وهذا يحدث عادة حيث ينجذب الذكر إلى الأنثى أو يتعرف عليها بواسطة رائحتها . وبالعكس في الصغريات Chalcids (من رتبة غشائية الأجنحة) تلعب الرائحة دوراً هاماً في الإناث عند البحث عن عائلها وهنا تكون قرون استشعار الإناث أكثر تخصصاً من قرون استشعار الذكور (ريتشاردز Richards عام ١٩٥٦) .

وعادة ما تكون قرون الاستشعار لبرقات الحشرات كاملة التطور مختلفة ، فقرون الاستشعار للبرقات التابعة لرتبتي Neuroptera ، Megaloptera يتكون من عدد من العقول ولكن في البرقات التابعة لرتبتي غمدية وحرشفية الأجنحة (شكل ١-٨ و) يختزل قرن الاستشعار ليصبح متكوناً من ثلاث عقل فقط . وفي بعض البرقات التابعة لرتبتي ثنائية وغشائية الأجنحة تكون قرون الاستشعار قصيرة جداً ولا يزيد عن كونها تظهر ككتنوعات على جدار الرأس .

١-٣-٤ وظائف قرون الاستشعار

وظيفة قرن الاستشعار الأساسية هي كونه كمضو حسي . وعضو جونسون يعتبر عضو حسي أساسي الذي يوجد على العرق . وغالباً ما تتركز الشعيرات الحسية في مناطق محددة على قرن الاستشعار ، فمثلاً في حشرة



شكل (١-٩) توزيع بعض الشعيرات الحسية على شعراج ذكر حشرة *Melanophorus* ١ = البطة الأكبر قرباً ، ٢٥ = البطة الأكبر بعداً (من سليفر وآخرون Slifer et al عام ١٩٥٩) .

Melanoplus) من رتبة مستقيمة الأجنحة لا توجد أى مراكز حسية على عقل الشمراخ القريبة من العرق بينما تنتشر هذه المراكز على العقل الموجودة في منتصف الشمراخ (شكل ١-٩) . ومن النماذج المختلفة لوظائف المراكز الحسية هي شعرات الممس والمستقبلات الخاصة بالشمم والمستقبلات الكيماوية ومستقبلات الرطوبة والحرارة .

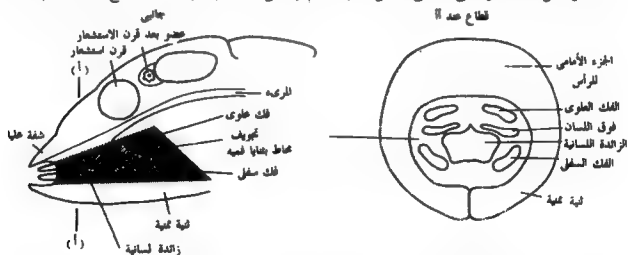
في بعض الأحيان يكون لقرون الاستشعار وظائف أخرى . فالحشرة الكاملة للخنافس المائية *Hydrophilus* تنفوس في الماء مع طبقة رقيقة من الهواء توجد على سطحها البطني ، وتجدد هذه الطبقة على فترات عندما تأتى على سطح الماء . وعلى السطح ينحنى الجسم ل ناحية واحدة وبذلك يندفع تيار من الهواء المرتبط مع الهواء البطني محدثاً صوتاً أثناء اندفاعه إلى الهواء الخارجى في الجو بين الرأس والصدر الأمامى والحلقات الطرفية من قرن الاستشعار التي تُحمل على طول جانب الرأس . ويلاحظ أن الأربع حلقات الطرفية من قرن الاستشعار تكون طويلة ومغطاة بالشعيرات الطاردة للماء وذلك لتسهيل تكوين التيار الهوائى المذكور سابقاً (ميل Miall عام ١٩٢٢) .

في يرقات *Hydrophilus* حديثة الفقس تساعد قرون الاستشعار الفكوك العليا في مضغ الفريسة ويسهل من هذه العملية وجود عدد من الأشواك الحادة على الجانب الداخلى لقرون الاستشعار .

أخيراً فقد وجد أن قرون استشعار البزاقات والكوليولا تستعمل في التلقيح ، فذكر البزاقات يستعمل قرني استشعاره في القبض على الأنثى من أسفل . وفي كثير من الكوليولا يكون للذكور قرون استشعار معدة للإمساك والتعلق بقرون استشعار الإناث .

٩-٤ أجزاء الفم Mouth parts

أجزاء الفم هي الأعضاء الخاصة بالتنغذية وتتكون من الشفة العليا للأمام وزائدة لسانية في الوسط خلف الفم وزوج من الفكوك العليا الجانبية وزوج من الفكوك السفلى الجانبية وشفة سفلى . في الحشرات التابعة لرتب *Protura* ، *Diplura* ، *Collembola* تترقد أجزاء الفم في تجويف الرأس الناتج من الوجنة والذي يمتد من الناحية البطنية ككتنايا ويقابل الخط الوسطى البطني أسفل أجزاء الفم (شكل ١-١٠) . وهذا هو وضع أجزاء الفم الداخلية



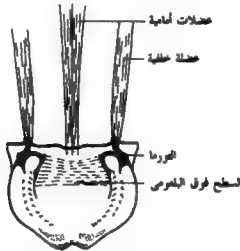
شكل (١-١٠) رسم تخطيطى يبين أجزاء الفم في الحشرات داخلية الفكوك . في لفظر الجانبى توضح المساحة المظلمة التجويف المحاط بالطبقة اللحمية (من Denis عام ١٩٤٩) .

Entothanthous . وفي حالة راحة الحشرات لا يتطابق وضع أجزاء الفم مع الوصف السابق ولكنها تكون خارج الرأس وهذا هو وضع أجزاء الفم الخارجية Ectognathous (شكل ١٠-١) .

يرتبط شكل أجزاء الفم بالغذاء الذي تتناوله الحشرة وعموما يوجد نموذجان أساسيان هما : أجزاء الفم التي تتكيف لقرض ومضغ الطعام الصلب وأجزاء الفم التي تتكيف لمص السوائل ، ويعتبر شكل أجزاء الفم القارضة هو النوع البدائي في الحشرات .

١-٤-١ أجزاء الفم القارضة

الشفة العليا : الشفة العليا عبارة عن فص عريض يتدلى من الدرفة أمام الفم ، وهو من الناحية الداخلية يكون غشائياً وقد يتطاوّل ويمتد في الفص الوسطى (فوق البلعوم) حاملاً بعض الشعيرات الحسية . تم حركة الشفة العليا من الفكوك العليا عن طريق عضلتين تنشآن في الرأس وتنغسمان في الشفة العليا عند حدها الأمامي من الناحية الوسطية . تقفل الشفة العليا ضد الفكوك العليا بواسطة عضلتين غير السابقتين اللتين تنشآن في الرأس وتنغسمان على الحدود الجانبية الخلفية على صفيحتين صغيرتين تُسمى كل واحدة منهما تورما *Torma* (شكل ١١-١) والاستعمال المميز لهذه العضلات يمكن أن ينتج عنه حركة اهتزازية جانبية للشفة العليا .

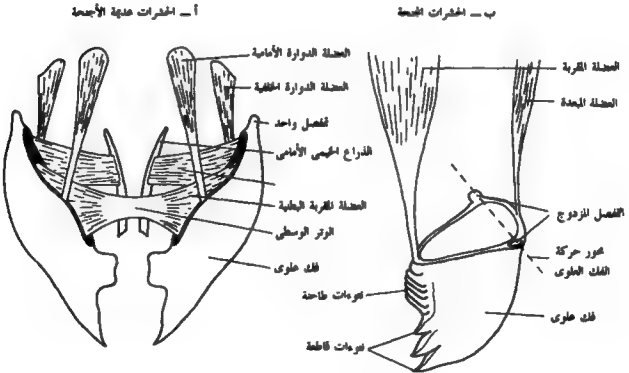


شكل (١١-١) الشفة العليا من السطح الخلفي (السطح فوق البلعومي)
(عن سيدجرس Snodgrass عام ١٩٤٤)

الفكوك العليا : في الحشرات عديمة الأجنحة غير تلك التي تتبع عائلة Lepismatidae تكون الفكوك العليا طويلة نسبياً ورفيعة ولها نقطة تمفصل واحدة مع علبة الرأس . ويدور الفك العلوي حول تمفصله بواسطة العضلات الأمامية والخلفية التي تنشأ على علبة الرأس من الداخل وعلى الأذرع الخيمية الأمامية . وتكون العضلات المقربة الأساسية عرضية وبطنية وقد لوحظ أن عضلات كلا الجانبين يلتحمون مع بعضهم في الرباط الوسطي (شكل ١٢-١) .

في الحشرات التابعة لعائلة Lepismatidae والحشرات المجنحة تنمفصل الفكوك العليا مع الجسم في نقطتين حيث يصبح لها تمفصل أمامي مع تحت الوجنة بالإضافة إلى التتمفصل الأصل الخلفي (شكل ١٢-١ ب) . وعادة ماتكون هذه الفكوك قصيرة وقوية ومتصلبة وعادة يكون السطح المعد للقرص مقسماً إلى منطقتين ؛ الأول هي المنطقة البعيدة المسننة والثانية هي المنطقة القريبة الطائحة ، ولا يوجد تماثل بين فكى الجسم . ويلاحظ أنه يختلف تطور المساحة المسننة والمساحة الطائحة باختلاف الغذاء . فالفكوك العليا للحشرات التي تتغذى على النباتات تتسلح بأطراف مستدقة قوية وقاطعة ؛ ففى النملطاطات التي تتغذى على نباتات غبر الحشائش توجد سلسلة من الأطراف المستدقة المنقطة والحادة على فكوكها العلوية بينما في الأنواع التي تتغذى على الحشائش تكون الأطراف المسننة حادة كالأزميل وتصبح المساحة الطائحة مفلطحة لطحن المادة الغذائية .

إن العضلات الدوارة الأمامية والخلفية الأصلية الموجودة في الحشرات عديدة الأجنحة تصبح عضلات مبعدة ومقربة في الحشرات المجنحة حيث تصبح العضلات المقربة قوية جداً . وقد وجد أن العضلة المقربة البطنية الموجودة في الحشرات عديدة الأجنحة تظل موجودة في معظم الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة وأنها تخرج من التواء اللسانى ولكن في الحشرات التابعة لعائلة Acrididae وفي الحشرات العليا تحتفى هذه العضلة (شكل ١٢-١ ب) أو أنها تتحول إلى عضلة باسطة للفك العلوى في الحشرات ذات أجزاء الفم الماض .

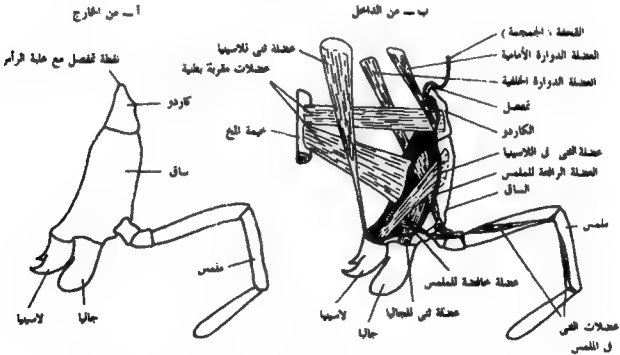


شكل (١٢-١) وسمان تخطيطان للفكوك العليا (أ) في الحشرات عديدة الأجنحة ويظهر به بعض العضلات فقط ، (ب) في الحشرات المجنحة (عن سنودجراس Snodgrass عامى ١٩٣٥ ، ١٩٤٤) .

الفكوك السفلى : تحت الفك السفلي الوضع الجانبي على الرأس خلف الفكوك العليا . ويتكون الجزء القريب من الفك السفلي من الكاردو القاعدي الذي له نقطة تفصل واحدة مع الرأس ، ثم صفيحة مفلطحة هي الساق والمتصصة مع الكاردو . ويتصل كل من الساق الكاردو بالرأس عن طريق غشاء وبالتالي فإن لها القدرة على الحركة . بعيدا على الساق يوجد فصان ؛ الداخلي ويسمى اللاسينيا (الشرشرة) والخارجي ويسمى الجاليا (القلنسوة) وقد يختفي أحدهما أو كلاهما . ومن الناحية الجانبية على الساق يرتبط به ملمس يشبه الرجل ويتكون من عدد من العقل تقدر بخمس عقل في الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة (شكل ١٣-١ أ) .

تكون عضلات الفك السفلي مقاربة لعضلات الفك العلوي . وتنقسم العضلات الدوارة الأمامية والخلفية على الكاردو ، أما العضلة المقربة البطنية التي تخرج من خيمة المخ فإنها تنفص في كل من الكاردو والساق . تخرج من الساق عضلات الثني الخاصة بكل من القلنسوة والشرشرة ، كما تخرج من المجموعة عضلة أخرى خاصة بالثني تصل إلى الشرشرة فقط ولكن كل من القلنسوة والشرشرة لاتصلها عضلات خاصة بالمخ . للملمس الفكى عضلات رافعة وأخرى خافضة تخرج من الساق ، وكل عقله من عقل الملمس الفكى لها عضلة واحدة تسبب ثني العقلة التي تليها مباشرة (شكل ١٣-١ ب) .

يوجد بالملمس الفكى أعضاء حس تستخدم في اختبار نوعية الغذاء . وقد وجد أنه أثناء تناول الصرصور لقطعة يحمل الفك السفلي كله حركات سريعة للخلف وللأمام على جانب الزائدة اللسانية ، وفي نفس الوقت تتحرك القلنسوة والشرشرة ومن هذه الحركات تتحرك أجزاء الطعام إلى الوراء في التجويف قبل الفمي . تستعمل الفصوص الفكى أيضا في تنظيف قرون الاستشعار والملمس والأرجل الأمامية .



شكل (١٣-١) رسمان تخطيطيان للفك السفلي من الخارج (أ) ومن الداخل (ب)

(ب) لتوضيح العضلات المتصلة به (من سنودجراس Snodgrass عام ١٩٣٥) .

الشفة السفلى : تتكون الشفة السفلى من تركيب مشابه لتركيب الفكين السفليين مع ارتباط زوائد كلا الفكين من الخط الوسطى مكونين صفيحة وسطية هي الشفة السفلى . ويُسمى الجزء القاعدي من الشفة السفلى باسم مؤخر الذن الذي قد ينقسم مرة أخرى إلى قسمين : القسم الأول القريب يُسمى تحت الذن والقسم البعيد ويسمى الذن . بعيداً عن مؤخر الذن يوجد مقدم الذن وأخيراً يحمل مقدم الذن أربعة فصوص اثنتان من الداخل ويسمى كل واحد منهما بالجلوسا (اللسين) واثنتان من الخارج ويُسمى كل واحد منهما باراجلوسا (جار اللسين) . والأربعة فصوص مجتمعة يطلق عليها اسم اللجيولا . قد يختفى زوج من هذه الفصوص أو كلها أو قد يتداخلون مع بعضهم مكونين زائدة وسطية واحدة . يخرج زوج واحد من الملابس الشفوية من جانبي مقدم الذن وعادة يتكون كل ملمس من ثلاث عقل (شكل ١-١٤ أ) .

التعضيل في الشفة السفلى يقابل نظيره في الفكوك السفلى ولكن توجد تغذية عضلية للجزء الخاص بمؤخر الذن . والعضلات التي تقابل العضلات المقربة البطينية تسير من ضمة المنخ إلى أمام وغلف مقدم الذن ، أما الجلوسان والباراجلوسان فلهما عضلات أخرى للثني مع عدم وجود عضلات للمد ؛ بينما للملمس الشفوي عضلات رافعة وخافضة تخرج من مقدمة الذن ، ولكل عقلة من عقل الملمس الشفوي عضلات للثني والمد .

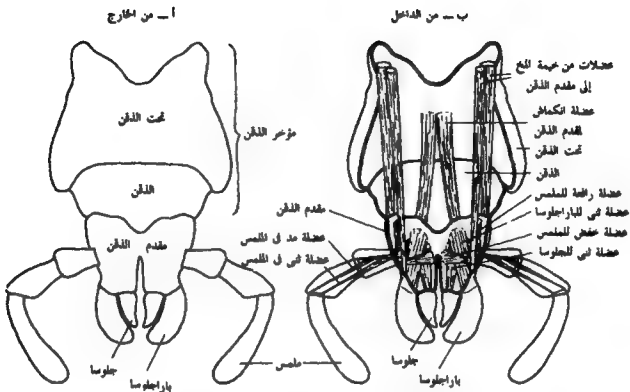
بالإضافة إلى ما سبق يوجد بالشفة السفلى عضلات أخرى ليس لها مقابل في الفكوك السفلى ، حيث يوجد زوجان من العضلات التي تخرج من مقدمة الذن ويسهرون على جدار تحويف الغدد اللعابية عند اتحاد الشفة السفلى مع الزائدة اللسانية . يوجد أيضاً زوجان من العضلات مقابلين للزوجين السابقين يخرجان من الزائدة اللسانية ، وتأثير هذه العضلات مجتمعة مع بعضها قد ينظم تدفق اللعاب أو قد يساعد على حركة مقدمة الذن (شكل ١-١٣) . وأخيراً يخرج زوج من العضلات من مؤخر الذن وينغمس في مقدمة الذن ويساعد على انكماش أو ثني مقدمة الذن (شكل ١-١٤ ب) . ويقفل مقدمة الذن الفتحة قبل الفمية من أسفل . أما الملابس الشفوية فلها وظيفة أساسية حسية .

الزائدة اللسانية : الزائدة اللسانية عبارة عن فص وسطى يقع مباشرة خلف الفم ، وعادة تفتح القناة اللعابية خلف هذه الزائدة ، بينها وبين الشفة السفلى .

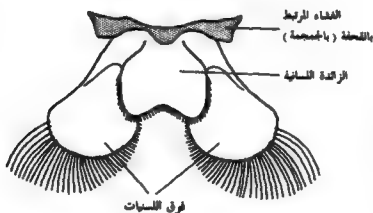
معظم الزائدة اللسانية غشائية ولكن الجزء القريب من الفم يكون متصلاً بينها الجزء البعيد يحتوي على زوج من الصفائح المعلقة التي تمتد لأعلى وتنتهي في الجدار الجانبي للسبيل القمي (الجزء الأمامي من فتحة الفم) (Stomodaeum) . والعضلات التي تنشأ من منطقة الجبهة تنغمس في هذه الصفائح التي تتفصل بعيداً مع زوج من الصفائح اللسانية الجانبية . وينغمس في هذه الصفائح أزواج متضادة من العضلات التي تنشأ من خيمة المنخ والشفة السفلى . وهذه العضلات المختلفة تحدد الحركة الاهتزازية للزائدة اللسانية للأمام وللخلف . وفي العرصور يوجد زوجان من العضلات الإضافية اللذان يسيران عبر الزائدة اللسانية ويعملان على تمدد الفتحة اللعابية ويوسعها (أنظر شكل ١-٣) .

١-٤-٢ أجزاء الفم الماصة

تتحور أجزاء فم الحشرات التي تتغذى على سوائل في عدة اتجاهات لتشكيل أنبوبة والتي من خلالها يمكن للمحالييل الغذائية أن تمتص أو للعاب أن يحقن ، وهذا ينتج من استطالة بعض الأجزاء ، وعادة ما تفقد بعض



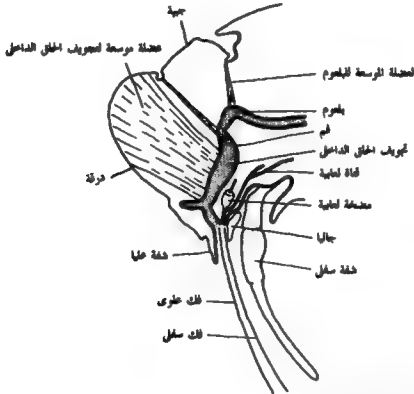
شكل (١-١٦) ربيان تحيطيان للشفة السفلى من الخارج (أ) ومن الداخل (ب) تظهر العضلات للشفة جا (عن سودجرسي Snodgrass عام ١٩٤٤)



شكل (١-١٥) الزائدة اللسانية لورقة الحشرات الناجمة لثمة ذباب مايو ويظهر فوق اللسانات الكبير (عن سودجرسي Snodgrass عام ١٩٣٥).

التركيب التوذجية . ففي غملة العسل (من رتبة غشائية الأجنحة) تشكل الجاليتان والملامس الشفوية أنبوبة تلتف حول اللسان الجلوسى المندمج الطويل (سنودجراس Snodgrass عام ١٩٥٦) . وبشكل الخرطوم في الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة من الجاليتين وباقى أجزاء الفم بمزج عن الملامس الشفوية التى تصبح مختزلة أو غائية (إيثام وإيسا Eastham & Eassa عام ١٩٥٥) . في الحشرات متجانسة ومتغايرة الأجنحة (Homoptera & Heteroptera) توجد قناة غذائية منفصلة عن القناة اللعابية وكلاهما تقعان بين الفكين السفليين المتقابلين اللذين يأخذان الشكل الإبري (سنودجراس Snodgrass عام ١٩٤٤) . أما في الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة فإن القناة الغذائية تتكون بين الشفة العليا والشفة السفلى ، بينما تسير القناة اللعابية خلال الزائدة اللسانية (سنودجراس Snodgrass عام ١٩٤٤) . بالإضافة إلى ما سبق فإنه توجد قصبات هوائية كاذبة خاصة في الشفة السفلى للحشرات العليا التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة . وهذه القصبات الهوائية الكاذبة عبارة عن قنوات صغيرة تفتح للخارج ومنها يمر الغذاء السائل إلى القناة الغذائية .

ويرتبط بانشاء أنبوبة للتغذية تطور عملية ضخ السائل المسحوب داخل جسم الحشرة وعملية ضخ اللعاب لحقنه خارج الجسم . وغالبا ما تتطور المضخة الغذائية من تجويف الحلق الداخلى cibarium الذى يصبح حجرة مغلقة مرتبطة بالقناة الغذائية ، وتستطيل عضلات تجويف الحلق الداخلى وبالتالي تنتج مضخة قوية (شكل ١-١٦) . في الحشرات التابعة لرتبة حرشفية وغشائية الأجنحة ترتبط مضخة الحلق الداخلى مع المضخة البلعومية المتصل بها عضلات المد التى تخرج من الجبهة .



شكل (١٦-١) فم وسطح رأس الرأس لـ Cicadas بين أساطيل العضلات الموسعة لتجويف الحلق الداخلى في تركيب مضخة الدم (من سنودجراس Snodgrass عام ١٩٤٤) .

الفصل الثانى

الاغذاء

FEEDING

تعتمد الحشرات فى غذائها على أنواع كثيرة من الكائنات الحيوانية والنباتية والمواد العضوية الميتة . ولبعضها طعام مختلط ولكن السواد الأعظم منها يكون أكثر تخصصا حيث ينحصر فى نوع معين من الطعام سواء حيوانى أو نباتى . وتبنى الفضلية الطعام على عوامل غذائية أو غير غذائية وتظهر أهميته فى أفضلية المحافظة على حياة الحشرة ووجود أعداد كبيرة منها نتيجة لرفع كفاءتها التناسلية . يتضمن إيجاد وتمييز مثل هذا الطعام آليات مختلفة تعتمد على الحشرة ونظام حياتها مع الأخذ فى الاعتبار الأهمية العظيمة لحاستى الرؤية والشم .

يستلزم تناول الطعام وجود تحورات فى أجزاء الفم وتكيفات قسبولوجية ، فالحشرات التى تتناول الأضعمة السائلة تحقن عادة انزيمات فى الطعام ، أما فى الحشرات الخاصة للدم فإنها قد تحقن مادة مانعة للتجلط . وتمسك الحشرات المفترسة فريستها إما بالقوة أو عن طريق حقن مادة مخدرة موجودة مع اللعاب فيها أو كما فى حالة الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة بواسطة آلة اللسع . وقليل من الحشرات يمكن أن تنمى الفطريات كطعام لها بينما تخرن الحشرات الاجتماعية طعامها . وعادة يتم إطعام حشرة بواسطة حشرة أخرى فى مجموعة الحشرات الاجتماعية .

٢-١ عادات الاغذاء Feeding habits

قسم بروس (Bruen) عام ١٩٤٦ الحشرات إلى أربع فئات طبقا لعادات تناولها الطعام :

- ١- الحشرات التى تأكل النباتات ، ٢- المفترسات ، ٣- الحشرات التى تقتات على القمامة ، ٤- الطفيليات.
- تقتات حوالى نصف أنواع الحشرات على نباتات ، وهذه الحشرات يمكن أن يعاد تقسيمها إلى حشرات تأكل النباتات الخضراء Phytophagous وحشرات تأكل الفطريات Mycetophagous . وغالبا تشكل الحشرات آكلة النباتات الخضراء مجاميع الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة وحشرقية ومتجانسة وغمدية الأجنحة (وعائلات الرتبة الأخيرة هى Cerambycidae ، Chrysomelidae ، Curculionidae) ورتبة غشائية الأجنحة وبالذات Symphyta وبعض الأنواع التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة (. تأكل معظم هذه الحشرات النباتات الراقية ولكن ، كمثل ، تعثر الطحالب الطعام للرقات المائية التابعة لرتبة جلدية الأجنحة .

تعتبر الفطريات الطعام الخاص ببعض يرقات ثنائية الأجنحة (وبالذات التابعة لعائلة *Mycetophilidae*) وتظهر هذه العادة في بعض الحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة . وفي كثير من الحشرات الأخرى تشكل الفطريات جزءاً على الأكل من طعامها ، ويحدث هذا في كثير من الحشرات التي تعيش في الروث وحشرات أخرى مثل بعض أنواع الفل الأبيض حيث تتغذى هذه الحشرات فطرياً وبالرعاية .

توجد بعض المفترسات في معظم رتب الحشرات ، حيث تكون بعض المجموعات مفترسة . وتتبع المجموعات المفترسة كثير من الرتب منها : رتبة الرعاشات ورتبة الصراصير وفرس النبي (وخصوصاً تلك التي تتبع *Mantodea*) ، ويرقات رتبة شبيكة الأجنحة ورتبة ثنائية الأجنحة (وخصوصاً تلك التي تتبع عائلتي *Empididae* ، *Asilidae*) ورتبة غمدية الأجنحة (وخصوصاً تلك التي تتبع *Adephaga* ويرقات عائلتي *Lampyridae* ، *Coccinellidae*) ورتبة غشائية الأجنحة (وبالذات تلك التي تتبع عائلتي *Pompilidae* ، *Sphecidae* . وهذه الحشرات تفرس حشرات أخرى، ولكن اليرقات التابعة لعائلة *Lampyridae* مثلاً تفرس القواقع .

تنتمي الحشرات آكلة العفن أو الرمية *Saprophagous* إلى الحشرات الراقية والتي فيها تختلف اليرقات عن الحشرات الكاملة وتعتبر المادة العضوية المتعفنة المصدر الرئيسي لغذاء كثير من اليرقات التابعة لرتبتي ثنائية وغمدية الأجنحة . وفي هذه البيئة قد تشكل الفطريات أيضاً جزءاً أساسياً وهاماً في مكونات الطعام .

تعيش الطفيليات إما على السطح الخارجي أو في داخل عوائلها . وتنتمي الطفيليات الخارجية *Ectoparasites* إلى جميع الحشرات التابعة لرتب البراغيث والقمل الماص والقمل الفارض، وكثير من الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة (مثل البعوض والحشرات التابعة لعائلات *Simuliidae* ، *Caratopogonidae* ، *Tabanidae*) وبعض الحشرات الأخرى مثل بن الفراش . وكثير من الحشرات السابقة تعتبر ماصة لإدماء كثير من أنواع الحيوانات الفقيرة . في بعض الأحيان يمتص كلا الجنسين الدم كما في البراغيث وذباب تسي تسي ، أو تقتص الإناث فقط الدم كما في الحشرات التابعة لكل من *Brachycera* ، *Nematocera* ، وفي المثال الأخير تتغذى الإناث بانتظام على الرحيق أيضاً الذي يُعتبر الطعام الوحيد للذكور (داوونز Dawnes عام ١٩٥٨) .

معظم الطفيليات الداخلية تكون في الطور اليرقي وهي تضم بعض الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة (وبالتحديد تلك التي تتبع *Strepsiptera* ، *Ichneumonoidae* ، *Chalcidoidae* ، *Proctotrupoidae*) وبعض الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة (وبالتحديد تلك التي تتبع عائلات *Bombyliidae* ، *Cyrtidae* ، *Tachinidae* ، *Sarcophagidae*) . في الحشرات كاملة التطور يكون غذاء اليرقات دائماً مختلفاً عن غذاء الحشرات الكاملة التابعة لنفس النوع .

٢-٢ إيجاد وتمييز الطعام Finding and recognising the food

لا توجد مشكلة في إيجاد الطعام لبعض الحشرات طالما أنه يوجد منتشر في بيئة الحشرة منذ فقس البيض . وعادة ينتج ذلك من اختيار جيل الآباء للمكان المناسب لوضع البيض كما يحدث في كثير من الحشرات التي تأكل نباتات خضراء حيث تضع الأنثى البيض على النبات الذي سوف تقتاته اليرقات . وبنفس النظام تضع إناث الحشرات

آكلة اللحوم Sarcophagous والعفليات الداخلية بعضها على بقايا الطعام المناسبة أو في العائل المناسب . وتتواجد يرقات الحشرات الاجتماعية مع طعامها الذي تجهزه لها الشفالات حيث لا يمكن لهذه اليرقات البحث عن طعامها بنفسها . ماعدا الحالات السابقة ، تلعب عملية البحث وإيجاد الغذاء دورا هاما في حياة كثير من الحشرات . وعادة يعتبر بداية إنجذاب الحشرات لغذائها من مسافة بعيدة غير محدد بعوامل خاصة . وأخيراً يحدث تمييز للغذاء عادة في مربيعة محدودة ويحدث ذلك نتيجة منبهات مختلفة .

٢-١-٢ إيجاد وتمييز الطعام للحشرات التي تأكل النباتات الخضراء

تتجذب الحشرات إلى العائل النباتي من مسافة بعيدة بواسطة حاسة الإبصار أو حاسة الشم . ويختلف هذا الانجذاب بدرجة كثيرة باختلاف أنواع الحشرات ووضعها . فمثلا ينجذب الجراد الصحراوي من جنس *Schistocerca* (من رتبة مستقيمة الأجنحة) برؤية أى جسم صلب بحجم مناسب وبالذات أى نموذج ذى تخطيط رأسى (والاس Wallace عام ١٩٥٨) .

تلعب الألوان دورا هاما في تمييز الطعام . فمثلا ينجذب المن إلى اللون الأصفر وقد يتعلق ذلك بالحقيقة التي مفادها أن المن يفضل الأوراق حديثة السن أو المسنة التي يميل لونها إلى الصفرة . ويعتبر الشكل واللون من الأهمية بمكان للنحل لإيجاد الأزهار . وعموما يعتبر اللون من الأهمية بمكان لكثير من أنواع الحشرات التي تتغذى على الأزهار .

يلعب الشم دوراً هاماً في الوصول إلى الغذاء وتمييزه . وقد وجد هاسكل وآخرون (Haskell et al) أن حوريات الجراد الصحراوي من جنس *Schistocerca* تستجيب لرائحة الطعام على بعد متر وتنقل له ، ويحدث ذلك عندما تكون هذه الحوريات جائعة مسبقا .

في الأماكن المغلقة ، يحذر الاستقبال الكيميائى (الشم - الاستقبال الكيميائى بالملامسة - الذوق) عاملا هاما في تمييز الغذاء النباتى . فالتنحل الذى يقترب مباشرة للزهرة بحاسة الإبصار يسترشد لهذه الزهرة بالرحبتا التي تنبثق منها . ويحدث عادة الاستقبال الكيميائى بالملامسة على عقل الرسخ ، ويؤدى تنبيه رسغ الذبابة (Blowfly) وأنى دقيق بمحلول سكرى إلى امتداد الخرطوم . ويؤدى إحداث تنبيهات مشابهة على الخرطوم إلى تناول الطعام ، كما تؤدى حدوث تنبيهات أخرى عن طريق أجزاء الفم إلى استمرار تناول الطعام إذا ما كان مناسباً . في الحشرات الماصة للرحيق مثل النحل تزداد قوة هذه الاستجابات بتركيز السكريات حيث تتناول الحشرة دائما الطعام الأكثر تركيزاً .

ويقترح كينيدي وبوث (Kennedy & Booth) عام ١٩٥١ : إن القاعدة التي يعم عن طريقها انتخاب المن للنبات المناسب تكون على أساس مجموعتين من المنبهات . بعض العوامل المنبهة غير غذائية ولكنها عبارة عن كيمائيات خاصة مرتبطة بالوضع التصنيفى للنبات ونتيجة ذلك تفضل حشرة المن نوع خاص من النبات . والعوامل الأخرى المنبهة هي عوامل غذائية حيث تعتمد على الظروف الفسيولوجية للنبات ، وهذه تؤثر عن طريق العصارة النباتية أو العوامل المرتبطة بها فسيولوجيا . وكلتا مجموعتي العوامل يمكن أن تضاد إحداها الأخرى طالما

كان العامل المناسب من الناحية التصنيفية متواجد تحت ظروف فسيولوجية غير مناسبة والعكس صحيح ، والإختيار النهائي للمن يتضمن وجود توازن بين هاتين المجموعتين .

في الحشرات القارضة مثل الجراد يلاحظ أنه عند حدوث ملاسة للطعام يمتز ملابس الحشرة بسرعة على سطح الطعام وبالتالي تنبه كيمائياً عن طريق حاسة الذوق . أما عملية القرض التي تلى ذلك فحدثت نتيجة استجابة غير متخصصة ، فإذا كانت الحشرة جائعة فإنها سوف تقرض مواد كانت ترفضها في الحالة العادية ولو أن هذه المواد قد تنقيها الحشرة كنتيجة لمنبهات الذوق . ويتبع استمرار تناول الطعام عن وجود مواد جاذبة بما فيها المواد الغذائية في الطعام (داد Dadd عام ١٩٦٣) . وقد وجد ثورستينسن (Thorsteinson) عام ١٩٦٠ إن تغذية الحشرات التابعة لجنس *Cammula* (من رتبة مستقيمة الأجنحة) تنتج بواسطة السكريات والأحماض والأمنية الموجودة طبيعياً في أوراق القمح المستعملة كطعام . وقد حلل هامامورا وآخرون (Hamamura et al) العوامل المشجعة على تناول الطعام في يرقة دودة القز *Bombyx* وعزل عوامل منفصلة تقود إلى الإغذاب والقرض والإبتلاع ، فالمركيان الكيمائيان بيتا - سيتوستيرول والمورين قد عزلا كعوامل مشجعة على القرض ، أما السليولوز فإنه عامل مشجع على الإبتلاع ويعزز بمدد من العوامل المساعدة مثل السكروز والينوسيتول والفوسفات غير العضوى والسيلكا . وعموماً يظهر أن منبهات الذوق المناسبة تلعب دوراً هاماً في استمرار تناول الطعام .

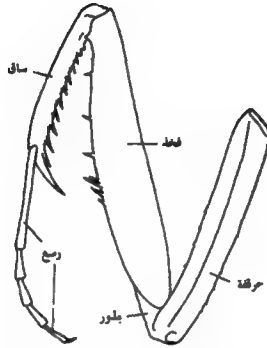
٢-٢-٢ إجهاد وتجهيز الطعام للحشرات المفترسة

تمسك المفترسات بفريستها إما بالجلوس وإنتظارها إلى أن تعترض طريقها أو بالمطاردة الفعالة للفريسة . فمثلاً يجلس فرس النوى من جنس *Mantis* وينتظر فريسته بينما يترك رأسه ، وفي نفس الوقت تتحرك الفريسة في اتجاهه . وحيون النطاط كبيرة الحجم من الحكم على المسافة المضبوطة بينه وبين الفريسة ، وعندما يهجم على الفريسة يعمل من وضع الرأس بالنسبة للصدر بواسطة شعيرات الاستقبال الناقية الموجودة على الجزء الأمامى من حلقة صدره الأولى لإختراف الفريسة عن غلور الرؤية بين العينين . (ميتلشتات Mittelstadt عام ١٩٦٢) .

تتحور الأرجل الأمامية في النطاط للقبض وتكون مجهزة بأشواك (شكل ٢-١) ، وعندما تصبح الفريسة على مدى مناسب من النطاط ينقض عليها ويمسك بها بحركة سريعة من أرجله الأمامية ويتم هذه العملية بسرعة لا تتجاوز ٣٠ - ٦٠ مللي/ ثانية ، ثم يحملها للخلف إلى فمه .

قد وجد أن بعض حوريات الرعاش (Dragonfly) تنتظر فريستها بأن تترقد مخفية في الطون عند قاع البركة وتقبض على الفريسة بواسطة الغطاء الشفوى . وهذا الغطاء يعترض تحوراً للشفة السفلى حيث يستطيل مقدم الذقن ومؤخر الذقن كما تتحور الملابس مكونة أعضاء مقبضية (شكل ٢-٢) . ويمكن أن يمد الغطاء الشفوى إلى أمام الرأس عن طريق زيادة ضغط الدم بينما تستعمل الملابس في القبض على الفريسة . وبارتراد الغطاء الشفوى لتحمل الفريسة للخلف إلى الفكوك العليا .

تلجأ حشرات قليلة إلى عمل مصائد تقبض بها على فريستها ، فتقوم يرقة أسد الحمل بحفر حفرة في تربة رملية جافة يتراوح قطرها ما بين بوصة واحدة إلى بوصتين وذات جوانب مائلة وتدفن نفسها في قاع الحفرة ولا يظهر منها غير رأسها فقط (شكل ٢-٣) . فإذا سارت ثملة على حافة هذه الحفرة فإنه يصعب عليها الصعود فيها لعدم ثبات



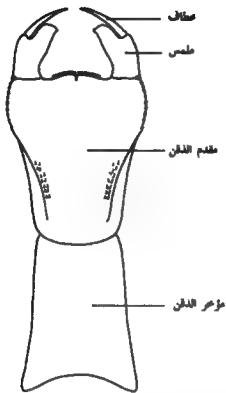
شكل (١-٢) رجل أمامية للقفص في فرس النسي (من إيلر 1957 عام ١٩٥٧) .

جوانب الحفرة . وعندئذ تقوم يرقات أسد النمل بحركات حادة من رأسها ضاربة الرمل الموجود حول النملة فتسقط الأخيرة في قاع الحفرة فتتنقض عليها الرقة وتفترسها (شكل ٢-٤) .

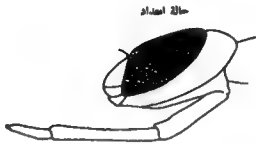
وللسواد الأعظم من الحشرات التي تصطاد أخرى عيون متطورة تطورا كبيرا حيث تعطي الرؤية فقط الاستجابة المباشرة والسريعة للفرسة المتحركة .

وفي اليرقات المفترسة التي تكون العيون غير متطورة وتعيش غالبا تحت سطح الأرض مثل يرقات التابانا ، يتم العثور على الفرسة عن طريق حاسة الشم ، كما تستجيب الحشرات التابعة لجنس *Dytiscus* (من رتبة غمدية الأجنحة) أيضا للمنبهات الكيميائية في الماء مفضلة ذلك على رؤية الفرسة .

يُعتَر أحيانا التنبيه الآلي هاما في إيجاد الفرسة حيث تعتمد بعض الحشرات التابعة لمجموعة الرعاشات على المستقبلات الآلية الموجودة على قرون استشعارها أو الرسخ . ويمكن لحشرة *Nontonecta* أن تستقر في المكان الذي يقع بين الهواء والماء وتصطاد فريستها نتيجة حدوث الموجات التي تصدر منها ، وتمي الأهتزازات الناتجة عن طريق الشعيرات الحسية الموجودة على أرجل العوم . وبالنسبة للحشرات الأرضية تعتمد استجابة أسد النمل لفرسته على التنبيه الآلي من الرمل المنهار وكذلك على الرؤية . وتقتصر استجابة يرقات أبو العيد (من رتبة غمدية الأجنحة) لفرستها من المن على ملاصقة الحشرة المفترسة للفرسة حيث تتحرك يرقات أبو العيد عبر ورقة من أوراق النبات بحثا عن الفرسة في كل اتجاه أثناء تحركها ، وبعد أن تجد وتأكّل حشرة من المن تظل في نفس المساحة حيث تؤدي بعض الحركات الدورانية القصيرة .



حالة انكماش الرأس



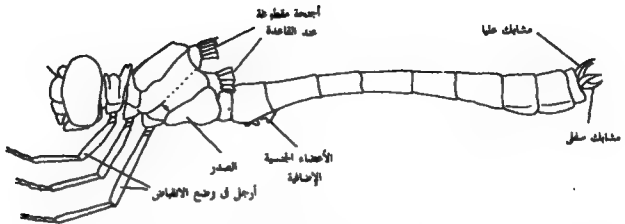
حالة امتداد

ب

شكل (٢-٢) أ - الشفة السفلى لرأس الوقة الزعاش (عن جارنر Gardner عام ١٩٦٠).
 ب - منظر جانبي لرأس يرقة الزعاش ويظهر حالة انكماش الشفة السفلى وحالة امتدادها (رسم التخطيطي).



شكل (٢-٣) قطاع عملاق الحفرة التي صنعها أسد الحمل ، وأرى الوقة واقفة في التلال فريستها عند قاع الحفرة (عن بولاند ، جراني & Bertrand عام ١٩٥١).



شكل (٢-٤) رسم خطي للذكر الرعاش يوضح التطور للتائل للصدر الذي يحمل الأرجل في وضع أماني لتسهيل عملية الانقباض على الفريسة

٢-٢-٣ إيجاد العائل بواسطة الحشرات الماصة للدماء

قد يزداد الإدراك الحسي بالعائل من مسافة بعيدة عن طريق تنبيهات الرؤية والشم والتنبيهات الآلية ، ويعتمد ذلك عموماً على جنس الحشرة ووضعها . فحشرة التي تسمى من نوع *Glossina Swynnertoni* التي تعيش في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية يمكنها أن ترى الماشية المتحركة على بعد ٤٥٠ قدماً حيث تحتوي هذه المناطق على أشجار متناثرة وقليلة لا تنجذب الرؤية ، أما في الحشرة التي من نوع *Glossina medicorum* والتي تعيش في الغابات الكثيفة والأدغال فإن رد فعلها للعائل المتحرك يكون على مسافات أقل من ٢٥ قدماً فقط . وتزيد حركة العائل من احتمال سرعة استجابة الحشرة له . عندما تصبح الرؤية محدودة كما في حشرة *Glossina medicorum* تصبح رائحة العائل من الأهمية بمكان . وإذا استجابت حشرة لرائحة العائل فإنها تشرع في الطيران ثم تنتجه إلى المنطقة الصادر منها الرائحة . وفي الأماكن المغلقة تصبح حاسة الرؤية أكثر أهمية (باكستون Buxton عام ١٩٥٥ ، تشامان Chapman عام ١٩٦١) ، كما توجد عوامل أخرى تشارك جزئياً في انجذاب الحشرة لعائلها . فبالإضافة إلى الشم تعتبر الحرارة الدافئة والبيئة الرطبة عوامل بيئية هامة للبعوض (براون Brawn عام ١٩٥٨) ، بينما يعتمد مص الدماء على طبيعة سطح جسم العائل الذي تقف عليه . فقد وجد أن البعوض يمتص الدماء بسرعة أعلى عند وقوفه على سطح خشن عنه عند وقوفه على سطح أملس ، وفي الظلام عنه في النور . وقد لوحظ أن وخز أنسجة العائل ينتج عن مؤثرات فميمة مع دفء العائل .

٢-٢-٤ إيجاد العائل بواسطة الطفيليات الداخلية

في معظم الطفيليات الداخلية تضع أنثى الحشرة (جيل الآباء) بيضها في العائل المناسب ، وتلعب حاسة الشم وأحياناً المستقبلات الكيميائية باللامسة دوراً في ذلك .

وفي بعض الحالات لا يبحث الآباء عن عائل اليرقات ولكنها تضع بيض أو يرقات على الأماكن المألوفة على العائل ثم تتمكن اليرقات من الوصول إلى العائل عندما تناح لها الفرصة . فمثلا تضع الذبابة الثرية التي تصيب الإنسان *Cordylobia anthropophaga* بيضها المخلوط بالبول . ثم تفقس اليرقات بعد يوم أو اثنين وتظل غير نشطة إلى أن يزور العائل المناسب هذا المكان . والعائل المناسب لهذه الحشرة إما أن يكون الإنسان أو أى حيوان ثديى آخر . وتنشط هذه اليرقات بتلهذب واهتزاز العائل ودفع جسمه وحيتض تخترق جسمه عن طريق الجلد .

٢-٣ تفضيل الأطعمة Food preferences

٢-٣-١ تفضيل الطعام للحشرات الآكلة للنباتات الخضراء

تختلف درجة تخصص الحشرات لأنواع معينة من النبات . فبعض الأنواع وخصوصا التابعة لشجائنة الأجنحة والذباب المنشارى تفضل نوع معين من النباتات وتسمى الحشرات وحيدة العائل النباتى Monophagous فمثلا تتغذى *Coccus fagi* على عشب الزان فقط ، بينما تتغذى يرقات الذبابة المشارية *Xylocopa* على نباتات الصنوبر فقط ، مع العلم أن بعض هذه الأنواع يمكن أن تتغذى على نباتات أخرى إذا ما أجبرت على ذلك ، ويموت البعض الآخر إذا لم يجد العائل النباتى الخاص به ، وتسمى هذه الحشرات باسم الحشرات آكلة قليلا لنباتات معينة Oligophagous . فمثلا يتغذى أبو دقيق الكرب (من رتبة حرشفية الأجنحة) على النباتات التابعة للعائلة الصليبية والنباتات الأخرى التى تحتوى على زيوت الخردل Mustard oils . وأخيراً توجد الحشرات آكلة أنواع مختلفة من النباتات Polyphagous ومع ذلك فإن هذه الحشرات تفضل أنواع معينة من النباتات فى طعامها ، كما هو الحال فى الجراد الصحراوى .

توجد وجهتا نظر خاصة بأساس أفضلية الطعام . الأولى تقترح : إن الاختيار يحكمه عوامل غير غذائية (دثير Dethier عام ١٩٤٧ - ب ، ليكل وفراينكل Lipki & Fraenkel عام ١٩٥٦) . ومن المتفق عليه أن أوراق أغلب النباتات تكون ملائمة للحشرات من الوجهة الغذائية ولذلك فإن العوامل الغذائية لا تعتبر أساساً فى اختيار نوع النبات . وغالباً ما يعتمد الاختيار على العوامل الفسيولوجية أساساً والمواد الكيميائية كعوامل ثانوية مثل الجليكوسيدات وأشباه القلويدات والزيوت الضرورية ، فمثلا تختار حشرة *Nomadacris* (من رتبة مستقيمة الأجنحة) الحشائش الأكثر نعومة وعضاضة بغض النظر عن أنواع هذه الحشائش (تشابمان Chapman عام ١٩٥٧) ، كما يمكن لحشرة *Phytella* (من رتبة حرشفية الأجنحة) أن تبدأ فى التغذية على نباتات غير مقبولة من جانبها فى الحالة الطبيعية وذلك بتغليقها بزيوت الخردل . وهذا الزيت يعتبر مكوناً ضرورياً للعائل النباتى الطبيعى . ووجهة النظر المضادة فى هذا الموضوع مفادها إن أفضلية الطعام تكون مرتبطة بالمواد الغذائية فى النبات (كينيدى وبوث Kennedy and Booth عام ١٩٥١ وثورشتينسون Thorsteinson عام ١٩٦٠) . وقد رأى ثورشتينسون (Thorsteinson) أن السكريات والأحماض الأمينية فى النبات المستخدم كغذاء طبيعى منه تناول الطعام فى حشرة *Cammula* ، بينما ذكر دثير (Dethier) عام ١٩٤٧ - ب أن اختيار العائل النباتى يكون على أساس الاختلاف فى درجة إنجذاب الحشرات لمختلف المكونات الكيميائية فى العائل . ويعتبر ثورشتينسون أن تثبيط

عملية تناول الطعام على قدر كبير من الأهمية دائما . وقد قسم الحشرات آكلة النباتات الخضراء إلى قسمين أساسيين . في القسم الأول الذى يضم النشاطات تحدث عملية تناول الطعام بواسطة المنبات الكيميائية الموجودة في جميع النباتات ولكنها قد تصبح محدودة في وجود المشيطات في بعضها . وتختلف هذه المشيطات باختلاف الحشرات وهي ، تنتشر عشوائيا خلال المماكة النباتية ، وقد تتواجد في جميع النباتات ماعدا بعض المجموع النباتية .

٢-٣-٢ تخصص المفترسات

تعتبر بعض الحشرات المفترسة (وعلى الأخص تلك التى تتبع رتبة غشائية الأجنحة) ذات تخصص نسبي في اختيارها لفريسة ، فتقبض حشرة *Philanthus* على النحل فقط ، بينما تتغذى بعض الزانير (وعلى الأخص تلك التى تتبع عائلة *Pompilidae*) على بعض أنواع العناكب ، بينما تجمع *Gumenes* في أعشاشها يرقات حرسية الأجنحة فقط ولو أنها تكون من أنواع مختلفة . وقد وجد أن المفترسات الأخرى مثل تلك التى تتبع عائلة *Asilidae* (رتبة ثنائية الأجنحة) تقبض على أى شيء ذى حجم مناسب ويؤدى سلوكا مناسبيا بما فيها القبض حتى . على أفراد نفس نوع الحشرة المفترسة .

٢-٣-٣ أهمية اختيار الطعام

بالرغم من أن كثيراً من الحشرات يمكنها أن تُربى على مكونات غذائية غير عادية إلا أن غالبا ما تعتبر أفضلية الطعام ذات أهمية اعتبارية . فمثلا تفضل حشرة *Melanoplus* في حياتها ويقاها على بعض العوائل النباتية ولكن عند تربيتها على طعامها المفضل (الحردل) فإنها تعيش وتطور بحالة جيدة ولو أن التطور يكون أبطأ وعدد البيض الموضوع يكون أقل منه في حالة تغذيتها على أصناف أخرى من النبات (بارنس Barnes عام ١٩٥٥) .

ويمكن للبعوض أن يعيش على رحيق الأزهار ولكن في بعض الأنواع يحتاج إلى وجبة دم لإنتاج البيض وهذه الأنواع تُسمى لأذاته التكاثر (Anautogenous) .

أما الأنواع الأخرى من البعوض التى يمكنها إنتاج البيض على غذاء مكون من الرحيق فقط فإنها تُسمى ذاتية التكاثر (Autogenous) .

٢-٤ التكيف على الطعام Conditioning to food

توجد بعض الدلائل التى تشير إلى أن الحشرة يمكنها أن تتكيف على أطعمة معينة . فحشرة *Ceratusius* (التابعة لعائلة *Phasmodae*) ترفض تناول أوراق اللباب ولكنها اذا أجبرت على التغذية على هذا العائل النباتي فإنها في النهاية تتكيف عليه وتفضله عن غيره من العوائل . وكذلك بالنسبة لحوريات الجراد التى تتغذى على بيقة صناعية يلاحظ أنها تجابه صعوبة عندما يقدم لها الحشائش كطعام طبيعي لها (هاسكيل وآخرون *Haskell et al.* عام ١٩٦٢) . وفي حالة حشرة *Caratusius* تنتقل تغيير الأفضلية للطعام للجيل التالى . وهناك بعض الاقتراحات التى مفادها أن الطعام الذى تبدأ الحشرة آكلة النباتات الخضراء في تناوله فإنها تبدأ سلوكا واضحا من التكيف عليه ويصبح طعامها المفضل (هاسكيل وآخرون *Haskell et al.* عام ١٩٦٢) .

٢-٥ الاغذاء وتناول الطعام Feeding and ingestion

عندما تميز الحشرة طعامها المناسب فإنها تبدأ في تناوله . وتختلف عمليات تناول الطعام باختلاف الحشرات .

٢-٥-١ تناول الطعام عند الحشرات آكلة النباتات الخضراء

بالنسبة للحشرات آكلة النباتات النموذجية ذات أجزاء الفم القارضة ، تقوم بقرض شرائح من الغذاء وتمزقها للمخلف إلى الفم بمساعدة الفكوك السفلى بينما تدفع النطاطات الطعام في الفم برفعه بين أرجلها الأمامية . وعادة تتغذى هذه الحشرات عند حافة ورقة النبات متجهة ناحية المركز ، وتمتنع الحشرة عن تناول الأجزاء الجامدة المتخشبة .

تحصل الحشرات التي تتغذى على السوائل على طعامها من العصير الحلو أو من الأوعية المنتشرة مباشرة ، فالن مثلا يتغلب اللحاء . وعندما يمتص حشرة من حشرات المن فإنها تغمس أجزاء فمها في نسيج النبات باستعمال عضلات الشد وعضلات الرد للوضع العادي الخاصة بالفم ، ومن المحتمل أن تساعد الشفة السفلى في ذلك . أما بالنسبة للغذاء خلال بشرة أو برانشيمية الورقة فإن أجزاء الفم تواجه مقاومة وهذا له تأثير إلى حد ما على انتخاب مكان التغذية . ومن المحتمل التغلب على هذه المقاومة جزئيا بواسطة لعاب الحشرة الذي يذيب الصفائح الوسطية الموجودة بين خلايا النبات . عندما ينفذ الرمح في الأنسجة يتدفق اللعاب ويكون غمداً حول الرمح . وفي بعض أنواع المن لا تبدأ عملية تناول الحشرة للعصارة النباتية إلا بعد وصول الرمح إلى اللحاء .

وتستغرق عملية إخراج الرمح لهذا النسيج حوالي ساعة واحدة في المن . وتندفع العصارة النباتية في الرمح ومنها إلى القناة الهضمية في الحشرة بواسطة الضغط الواقع على العصارة في النبات وارتفاع هذا الضغط عن الضغط داخل الرمح وبذلك يندفع الطعام السائل باستمرار من النبات إلى تجويف فم الحشرة عبر الرمح ، ويمكن أن تتحكم الحشرة في معدل تدفق العصارة النباتية إلى الحشرة ، حيث يزداد معدل التدفق عند الجوع أو عند مصاحبته للنمل .

٢-٥-٢ تناول الطعام عند الحشرات المفترسة

بعض الحشرات المفترسة مثل فرس النى بعد أن تقبض على فريستها ، تقيدها تماما بقوة آلية ثم بعد ذلك تمزقها إلى قطع بفكوكها العليا القوية وتتناول جميع أجزاء الحشرة الفريسة . تحقق أنواع أخرى من الحشرات (مثل التي تتبع لعائلة Asilidae من رتبة ثنائية الأجنحة) إفرازها اللعابية في الفريسة فتقتلها ، ثم يلى ذلك إجراء عملية هضم خارجي على محتوياتها وتتناول الجزء المهضوم من الفريسة تاركة جليدها الذي لم يهضم . وأخيراً يوجد نموذج آخر من الافتراس كالحشرات المفترسة التابعة لرتبة غشائية الأجنحة حيث تقبض على حيوانات أخرى وتحفظ بها حية لاستعمالها كطعام للبرقات ، وتكون الفريسة في هذه الحالة مشلولة بالسم الذي حقن فيها بواسطة آلة لسع الحشرة المفترسة .

٢-٥-٣ تناول الطعام في الحشرات الماصة للدم

عندما تنفذ ذبابة النسي تسي على عائلها فإنها تنشر أرجلها بحيث تكون متباعدة عن بعضها وتمسك باحكام جلد المائل بواسطة الموستلم الخلقى (ليخترق الجلد ويمزقه) انظر بوكستون Buxton عام ١٩٥٥) .

ولا تبدأ الحشرة في تناول وجبة الدم بعد عملية الجنس المبدئي لجلد المائل وطالما كان خطوطها مسحوبا جزئيا وغر مثبت بأكمله في جلد المائل . وتحرك الرأس وتحدث ضغوط جديدة على الجلد في اتجاهات مختلفة ، وعن طريق الوخز المتكرر تسبب الذبابة نزيف دموى موضعي في أنسجة المائل حيث ينثق الدم على السطح فتبدأ الذبابة في إمتصاصه . وتستغرق عملية إلتعاط طعام حشرة *Glossina morsitans* حوالي دقيقتين .

في البعوض ينثني الرمح داخل أنسجة المائل وعادة يحترق شعرة دموية والذي منه تمتص الحشرة الدم مباشرة . ويحدث هذا أيضا في البقعة *Rhodnius* حيث ينفذ الرمح في الأنسجة كنتيجة فعل عضلات الشد وعضلات الرد للوضع الطبيعي وعلى ذلك ضغط مبدئي من عضلات الأرجل .

تحقق الحشرات الماصة للدم لعابها في الجرح وعادة يحتوي هذا اللعاب على مادة مانعة للتجلط تمنع تجلط الدم في الجرح وفي خطوط الحشرة ، ولكن لعاب بعض الحشرات الماصة للدم مثل بعوضة الأيديدس *Aedes aegypti* لا يحتوي لعابها على مادة مانعة للتجلط وبذلك يتجلط الدم في موى الحشرة في خلال ١٥ دقيقة من تناول وجبة الدم . وعلى أي حال فإن غياب المادة المانعة للتجلط لا تضعف عملية تناول الطعام .

بم إمتصاص الدم نتيجة فعل مضغعة تحريف الحلق الداخلي للحشرة ويستمر تناول الطعام إلى أن تتضخم الحشرة بشدة ؛ فيزداد وزن حشرة *Rhodnius* إلى أكثر من ست مرات خلال ١٥ دقيقة من بدء تناول وجبة الدم . وتحدث حجم وجبة الطعام في حشرة *Rhodnius* على مدى تمدد بطن الحشرة والذي يمدده طبقة فوق الجليد . ويتكون جليد البطن من طبقة جليد داخل غير متمايز وطبقة فوق جليد ذات ثنايا . ويحدث توسيع وتمدد للبطن باستمرار إلى أن تختفى ثنايا فوق الجليد وتصبح هذه الطبقة ناعمة ، كما تسهل مطاطية طبقة الجليد الداخلي عملية توسيع وتمدد البطن وتكون أقل صلابة في الأعمار المبكرة . ومن المحتمل أن تتأثر مطاطية طبقة الجليد الداخلي بالافرازات العصبية حيث تصل هذه الافرازات إلى جدار الجسم عن طريق أعصاب البطن فتعمل على زيادة مطاطية هذه الطبقة . وهذا التأثير يكون وقتيا ويقل بعد الانتهاء من تناول الطعام (مادريل Madrell عام ١٩٦٦ - أ) .

٢-٦ الحشرات التي تُنَمِّي الفطريات Fungus - growing insects

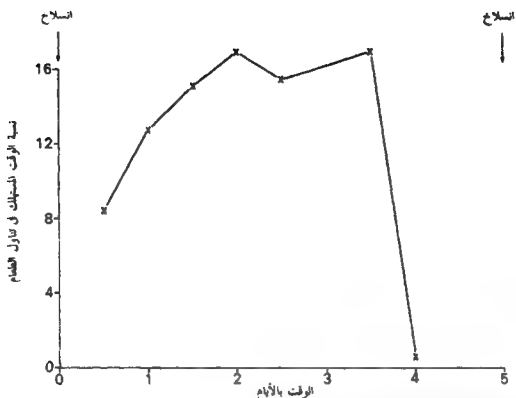
يمكن لبعض أنواع من الحشرات الأبيض والجل أن تُنَمِّي فطريات على مواد مجهزة ، فقد وجد أن مجموعة الحشرات الأبيض المسماة بالحشرات الأبيض الكبير تنتج قرص من خشب مضغوط حيث تنمو عليه هيفات الفطريات وتنتج الكونيديات ، بعض هذه الفطريات مثل فطر *Xylaria* (وهو من الفطريات الزقية Ascomycetes) لا يتاعم عشوش الحشرات الأبيض ، ولكن فطريات الحشرات الأبيض *Termitomyces* (وهي من الفطريات الدعامية Basidiomycetes) هي التي تتواجد فقط في هذه الحشرات . ينتج فطر *Xylaria* فقط أجسام مثمرة عندما يجر الحشرات الأبيض العشب . وتأكل الشغالات كميات قليلة من الفطر ويمكن لبعض اليرقات أن تتناولوه (جراس Grass'e عام ١٩٤٩) .

٧-٢ توقيت الإغذاء The timing of feeding activity

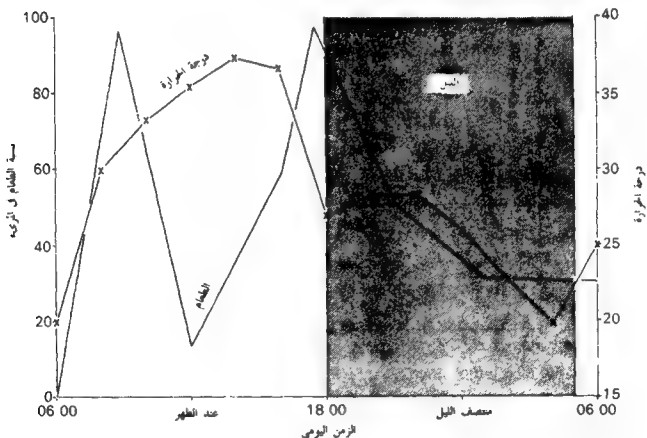
ينتج سلوك تناول الطعام من تجمع سلسلة من المنبهات الداخلية والخارجية . فالمغذرى لا تتغذى إطلاقاً ، كما توجد حشرات كاملة من أنواع مختلفة تابعة لرتبة حرشفية الأجنحة ولعائلة Oestridae (من رتبة ثنائية الأجنحة) لا تتناول طعاماً ، وغالباً ما يكون لهذه الحشرات الكاملة أجزاء فم مختزلة . كما لا يحدث تناول للطعام عند خروج الحشرات الكاملة الحديثة من المغذرى ، كما تقل هذه العملية جداً أو لا تحدث بالمرّة أثناء دور المسكون (شكل ٥-٢) ووقت الانسلاخ (شكل ٦-٢) . ولا تتغذى إناث البعوض بالرغم من إنتاجها للبيض . وتعتبر حالة تناول الغذاء أيضاً هامة كما تنخفض النزعة إلى تناول الطعام بشدة بعد تناول الحشرة لوجبتها ويستحيل حدوث ذلك طبيعياً كما سبق ذكره في حشرة *Rhodnius* حيث تتناول هذه الحشرة وجبة دم كبيرة في كل عمر من أعمارها . وقد لوحظ عدم انجذاب ذبابة التسي تسي لموائلها في خلال يومين أو ثلاثة من تناول وجبتها . أما بالنسبة للحشرات آكلة النباتات الخضراء فيكون لديها فترات هدوء تتخلل فترات تناول الطعام . وخلال فترات الهدوء هذه يختزل نشاط تناول الطعام كما تختزل بقية النشاطات الأخرى فيها .



شكل (٥-٢) التغيرات الشهرية في كمية الطعام الذي تتناوله نمل الحشرات الكاملة للبراد الأحمر (من شباط عام ١٩٥٧) .

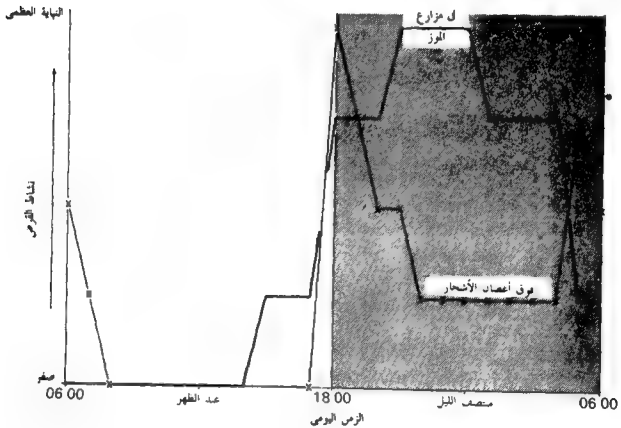


شكل (٦-٢) التغيرات في طول الوقت المستهلك في تناول الطعام للجراد من جنس *Locusta* خلال العمر الثالث للحرورية (عني إيليس Ellis عام ١٩٥١)



شكل (٧-٢) الإحتمالات اليومية و كمية الطعام الذي تتناوله ذكور الحشرات الكاملة للجراد الأحمر (عني تشابان Chapman عام ١٩٥٧)

غمر هذه العوامل السابقة ، يوجد عادة إختلاف يومي أيضا في تناول الطعام ، وهذا الإختلاف يرتبط مباشرة بالظروف البيئية الموجودة مثل الضوء والحرارة التي قد تكون عوامل محددة . والتغير في هذه الظروف قد يكون له أهميته في تنبيه الطعام ، فمثلا تتغذى حشرة *Nomadacris* أساساً في الصباح وفي المساء (شكل ٢-٧) عندما تتغير الظروف بسرعة . كما يقوم كثير من أنواع البعوض بوضخ عوائله عند الغسق بالرغم من أن الوجود يتأثر بالعوامل المناخية ويظهر التوقيت كنتيجة جزئية للإيقاع الداخلي لنشاط الحشرة . ويختلف نشاط تناول الطعام أيضا باختلاف موطن الحشرة . ففي الغابات تلدغ البعوضة *Aedes africanus* أثناء النهار على مستوى الأرض أو أثناء الغسق على مستوى أعلى من نباتات البيعة ، كما تلدغ حشرة *Mansonia fuscipennata* في أوقات مختلفة وتحت ظروف مختلفة (شكل ١-٨) .



شكل (٨-٢) البعرات اليومية في نشاط القرص حشرة *Mansonia fuscipennata* في غابة ذات أعصاب كثيفة وفي مزارع اللوز (عن هادو Haddow عام ١٩٩١) .

٢-٨ تخزين الطعام Food storage

تبنى كثير من الحشرات مخازن مؤقتة داخل جسمها لتخزين الغذاء في الأجسام الدهنية . وفي الحشرات التي تتغذى على سوائل تعتبر الحوصلة أيضا مخزن للغذاء . كما يعتبر التخزين الخارجى من صفات الحشرات الاجتماعية .

فضى كثير من الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة والتي تعيش معيشة فردية تبنى مخازن وتوفر لها الغذاء لتستعملها برفاتها ، والبعض (كما في حالة *Ammophila*) تقدم مؤناً متوالية للعش . وهذه الحشرة الأخيرة تحفر حفرة تحت الأرض وتوفر فيها يرقة من حرسية الأجنحة لم تضع بيضة واحدة وتسد هذه الحفرة وتبدأ في عمل واحدة أخرى جديدة وهكذا . وفي كل صباح عندما تطير الأنثى فإنها تزور كل عش وتختبر حالة المؤنة الغذائية فيه ، فإذا أطمأنت إلى وفرته فإنها تغلق العش وتتركه إلى اليوم التالي إما إذا لم تجد طعاماً كافياً فإنها تجلب له مؤنة طازجة . وتظل الأنثى في جلب الطعام للعش طالما تشعر بضرورة ذلك إلى أن تصبح اليرقة نامة النمو وهنا تضع الأنثى المخزون الغذاءى الناقى وتغلق العش لآخر مرة . بعض الزناجير الأخرى الانفرادية (مثل *Eumenes*) والنحل الانفرادى تضع كمية كبيرة من المؤنة في العش عند وضع البيض وهذه المؤنة تكفى لنمو وتطور اليرقات ، وفي هذه الحالة لا تزور الإناث هذه الأعشاش بالمرّة . وعندما تصل الشغالات الجامعة للرحيق إلى الخلايا فإنها تفرغ ما جمعت من رحيق في عيون سداسية خاصة بعد أن تكون قد قامت باختزال نسبة الرطوبة منه إلى حوالى ٢٠٪ . ويمد العسل الحشرات الكاملة واليرقات بالمواد الكربوهيدراتية والماء ، أما الروتين فإنه يشتق من حبوب اللقاح . ويسهل جمع حبوب اللقاح وجود شعرات مشعطة يتميز بها النحل حيث تعلق حبوب اللقاح على هذه الشعرات .

٢-٩ الإطعام الاجتماعى Social feeding

٢-٩-١ تبادل المنفعة الغذائية

يحدث دائما في الحشرات الاجتماعية تبادل منفعة غذائية . فمثلا عندما تطعم شغالة نحلة يرقة فإنها تحصل من اليرقة على نقطة من السائل اللعائى الذى قد يكون جاذباً للشغالة حيث يغريها لعاب اليرقة فلا تنتظر الشغالة أن تقدم لها اليرقة أى شيء مقابل إطعامها . ويعتبر تبادل المنفعة الغذائية هو أساس النظم الاجتماعية في الحشرات (هويلر *wheeler* عام ١٩٢٢ ، ريتشاردز *Richards* عام ١٩٥٣) ، أما في الزنبور المسسمى *Vespa sylvestris* فإنه بالرغم من وصول لعاب اليرقات للشغالات إلا أن هذا اللعاب لا يعتبر من الجاذبات الخاصة لهذه الشغالات . ومن المحتمل أن يكون إفراز اللعاب هو الطريقة التى بها تتخلص اليرقة من الماء الزائد ، وإن إزالته بواسطة الشغالات يمنع فساد العسل . وبالتالي فإنه في هذه الحشرة لا تحدث تبادل منفعة غذائية نموذجية . وإذا وجدت مثل هذه العلاقة فإنها تصبح محورا من وجهة نظر النشوء والتطور (بريان وبريان *Brian & Brian* عام ١٩٥٢) .

الفصل الثالث

القناة الهضمية

THE ALIMENTARY CANAL

تتكون القناة الهضمية من ثلاث مناطق هي المي الأمامي والمي الأوسط والمي الخلفي ، وقد تتحول بعض أجزائها تشريحياً أو فسيولوجياً لتؤدي وظائف مختلفة . يقوم المي الأمامي عادة بحفظ الطعام وفي بعض الأحيان يساعد على تفتيت الطعام قبل مروره إلى المي الأوسط ، وهذا الأخير يغطي في معظم الحشرات بغشاء رقيق ويختص مبدئياً بإنتاج الإنزيمات (الحمائر) وامتصاص نواتج الهضم . في بعض الحشرات التي تتناول سوائل يتخصص المي الأوسط (مع باقي أجزاء القناة الهضمية) في تسهيل سرعة طرد الماء من الجسم . يُوصل المي الخلفي الغذاء غير المهضوم إلى الخارج عبر فتحة الشرج ولكن له أيضاً وظائف أخرى ، وعلى وجه الخصوص يقوم المستقيم بتنظيم الأملاح والماء .

تغذى القناة الهضمية بأعصاب محرّكة من الجهاز العصبي القمي المعدي Stomatogastric والجهاز العصبي المركزي اللذين ينظمان حركات القناة الهضمية ومرور الطعام فيها .

توظف غدد مختلفة مرتبطة بأجزاء الفم في إنتاج اللعاب أساساً وتؤدي أدواراً أخرى هامة مثل إنتاج الفرمونات في الحشرات الاجتماعية والحريز في الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة .

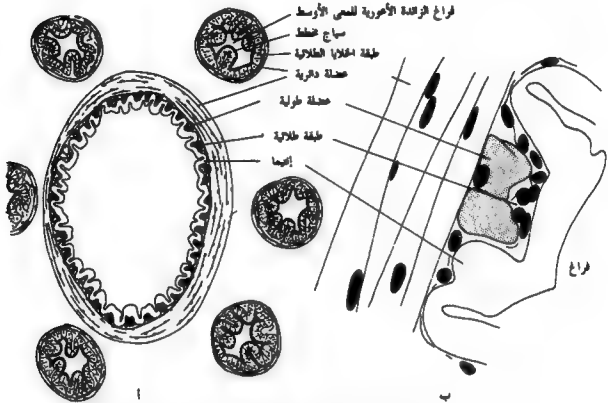
٣-١ التركيب العام General structure

تنقسم القناة الهضمية في الحشرات إلى ثلاث مناطق رئيسية هي :

المي الأمامي أو السيل القمي Stomodaeum الذي ينشأ جنينياً من طبقة الخلايا الجرثومية الخارجية أو مايسمي بالإكتوديرم (Ectoderm) ، والمي الأوسط الذي ينشأ جنينياً من طبقة الخلايا الجرثومية الداخلية أو مايسمي بالاندوديرم (Endoderm) والمي الخلفي الذي ينشأ جنينياً كالمي الأمامي من الإكتوديرم .

في كثير من الحشرات يعاد تقسيم هذه المناطق إلى أجزاء مختلفة من الناحية الوظيفية ، وأكثر هذه التقسيمات شيوعاً هي :

بالطعام تصبح هذه الشايبا مفلطحة للخارج . في مقدم المعدة توجد ستة إلى ثمانية نتوءات من الجدار الداخلي والمضلات الطولية يمكن أن تنغمس في العضلات الدائرية أو في الطبقة الطلائية . للخارج من طبقتي العضلات يوجد غلاف رقيق من نسيج ضام .



شكل (٢-٣) أ - قطاع عرضي في المي الأوسط والزائدة الأخيرة للمي الأوسط لحشرة *Chorthippus* ب - قطاع في المي الأمامي بقوة تكبير أعلى .

٩-٢-٣ البلعوم

البلعوم هو الجزء الأول من المي الأمامي ، وهو الذي يلي تجويف الفم . بصرف النظر عن المي الأمامي النموذجي ، يكون للبلعوم نظام عضلي عبارة عن سلسلة من العضلات الموسعة التي تنغمس فيه وتخرج هذه العضلات من على خيمة المخ من الناحية البطنية ومن الجبهة من الناحية الظهرية وتكون متطورة بدرجة كبيرة في الحشرات الماصة للسوائل وخاصة تلك التي تتبع رتبتي حرشفية وغشائية الأجنحة حيث توجد المضغفة البلعومية التي تسحب السوائل إلى داخل القناة المضغمية . توجد هذه العضلات أيضاً في الحشرات القارضة وتلعب دوراً جزئياً في مرور الطعام للخلف من الفم إلى المريء .

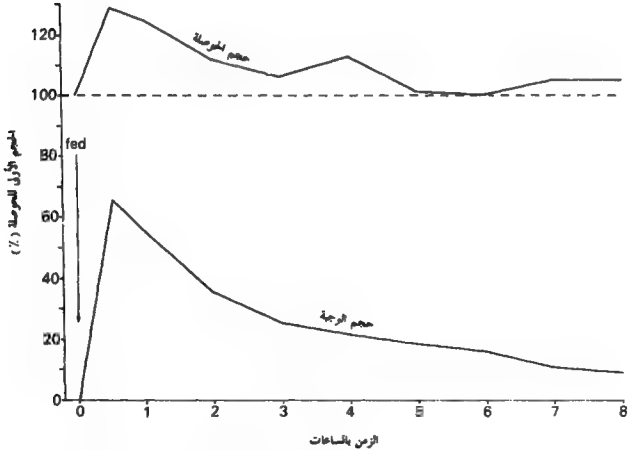
٢-٢-٣ المريء

هو جزء غير متميز من المي الأمامي ويعمل على مرور الطعام للخلف من البلعوم إلى الحوصلة .

٣-٢-٣ الحوصلة

الحوصلة هي جزء متضخم من المني الأمامي والتي فيها يُخزّن الغذاء . وعادة تشكل الحوصلة الجزء الخلفي من المريء ، ولكن في الحشرات الماصة للسوائل تتكون الحوصلة من رطب (أنبوبة مسدود أحد طرفيها) جانبي . عندما تصبح الحوصلة فارغة فإنها تنثني طولياً وعرضياً ، ولكن في الصرصور الأمريكي يحدث بها تغير طفيف في الحجم حيث أنها عندما تكون خالية من الطعام فإنها تمتلئ بالهواء (شكل ٣-٣) (دالي ، تريهرن Davy and Tcherne عام ١٩٦٣ - أ) .

عموما لا يحدث إفراز للانزيمات وامتصاص للغذاء في الحوصلة حيث تكون محدة بطبقة من الأنثيم غير المنفذة ولو أنه يمكن حدوث عملية الهضم نتيجة إنزيمات اللعاب التي تمر للخلف إلى الحوصلة مع الغذاء ، ونتيجة انزيمات المني الأوسط التي ترجع منه إلى الحوصلة . وبالرغم من أن مقدم المعدة يعمل كصمام لمنع حركة الغذاء إلى الأمام فإنه لا يمنع إرجاع عصارة المني الأوسط .



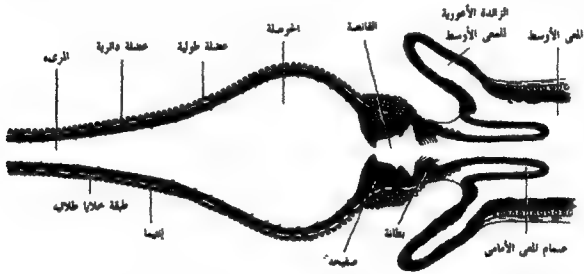
شكل (٣-٣) تغير حجم الحوصلة والوجبة الغذائية بعد تناول الصرصور الأمريكي الطعام ويظهر التباين النسبي لحجم الحوصلة (عن دالي ، تريهرن Davy & Tcherne عام ١٩٦٣ - أ)

٣-٤-٤ مقدم المعدة (القانصة)

يتحور مقدم المعدة في الحشرات المختلفة . ففي الحشرات الماصة للسوائل يغيب مقدم المعدة ماعدا صمام صغير عند منشأ المعى الأوسط . يوجد صمام أيضا في كثير من الحشرات الأخرى (شكل ٣-٤ ، ٥-٣) ودائما ما تشكل العضلات الدائرية عضلة قابضة عند مدخل المعى الأوسط .

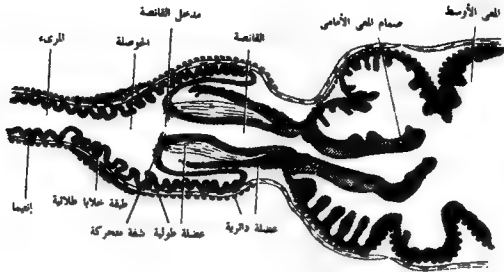
في الصراصير المنزلية وصراصير الغيظ تنمو الانتيما في مقدم المعدة مكونة ست صفائح أو أسنان قوية التي تعمل على تفتيت الغذاء (شكل ٣-٤) . يتحكم مقدم المعدة في مرور الطعام من الحوصلة إلى المعى الأوسط .

في الحشرات التابعة لرتبة Acrididae توجد ست ثنايا طويلة بأسنان صغيرة دائرية ، وهنا يعمل مقدم المعدة ببساطة كصمام يستبقى الغذاء في الحوصلة بينما يسمح بمرور الإنزيمات للأمام من المعى الأوسط إلى الحوصلة .

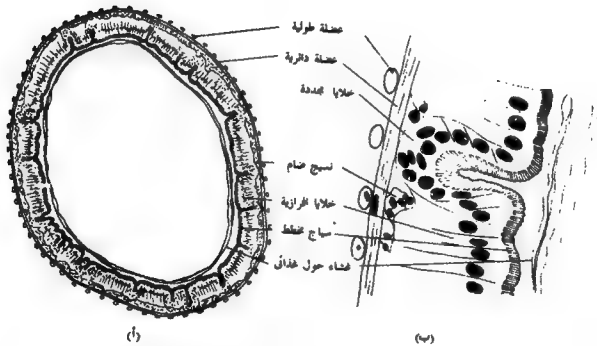


شكل (٣-٤) قطاع طولى للمعى الأمامي للصرصور الأمريكي (عن سودجرس Snodgrass ١٩٢٥) .

يُعتبر مقدم المعدة في النحل متخصص جداً (شكل ٣-٥) ، حيث يوجد انحناء أمامى في الحوصلة ينهى بأربع شيفات متحركة ومزودة بعدد من الأشواك . وبجانب تحكم مقدم المعدة في حركة الغذاء من الحوصلة إلى المعى الأوسط ، فإنه قادر على نزاع حبوب اللقاح المعلقة في الرحيق في الحوصلة بينما يستبقى الرحيق . وتحافظ الحركات الالتوائية للحوصلة على نثر وانتشار حبوب اللقاح بينما تعمل شيفات مقدم المعدة حركات سريعة ومفاجئة في نفس الاتجاه فتزفع حبوب اللقاح وتحتجزها ، وبهذا تتكون مُنطفة حبوب اللقاح التي تمر بعد ذلك للخلف عبر مقدم المعدة لتصل إلى المعى الأوسط . ويبقى الرحيق في الحوصلة لحين حدوث ارتجاع له خارج الجسم ويجهز حتى يصبح سائلاً .



شكل (٣-٥) قطاع طولي في الفانصة تحت اتصال (عن سنودجراس Snodgrass عام ١٩٥٦).



(أ)

(ب)

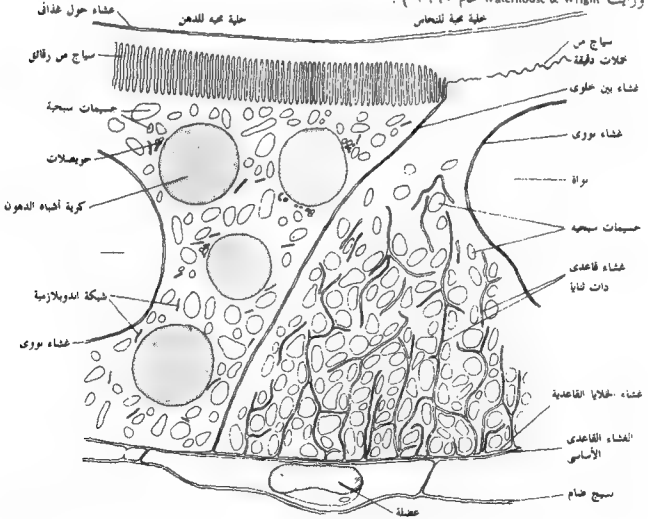
شكل (٣-٦) أ - قطاع عرضي في اللمبي الأوسط لحشرة Chorthippus
ب - قطاع في اللمبي الأوسط بقوة تكبير أعلى.

٣-٣ المعنى الأوسط Midgut

لا يطن المعى الأوسط بطبقة جليدية ولكن في معظم الحشرات يطن بغشاء رقيق يُسمى الغشاء حول الغذاء

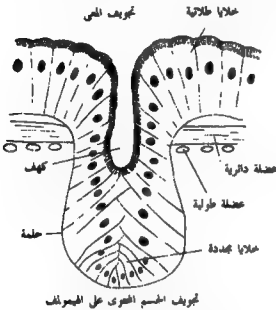
. Peritrophic

للخلايا الظلالية بالمعنى الأوسط صفات خاصة ، فهي طويلة وعمادية وبها خملات دقيقة تُكون سياجاً غططاً يحيط بتجويف المعى الأوسط (شكل ٣-٦) . من الناحية التمثولوجية ينشئ الغشاء القاعدي بعنق كبير وترتبط الجسيمات انسحبة (الميتوكوندريا) ذات الأعداد الكبيرة هذه الشاها (شكل ٣-٧ خلايا المحبة للنحاس) ، وتكون الأنزيمات . وقد توجد أشكال مختلفة من الخلايا . فمثلا في يرقات ذبابة Lucilia توجد خلايا محبة للدهن Lipophilic وخلايا محبة للنحاس Cuprophilic ، الخلايا الأولى تحشد بكرات أشباه الدهون والنشا الحيواني (الجليكوجين) ويكون السياج المخطط غير طبيعي حيث يكس في الصفائح المتوازية . تنتشر الجسيمات السحبية خلال الخلية (شكل ٣-٧) . وتحتوى الخلايا المحبة للنحاس على إنزيمات الأمستراز والسيرو كروم اكسيداز وتكون الحملات الدقيقة متفرقة وغير كثيفة وقصيرة . ترتبط الجسيمات انسحبة شاها بغشاء الخلايا القاعدية (ووتر هوس ورايت Waterhouse & Wright عام ١٩٦٠) .



شكل (٣-٧) رسم تخطيطي للخلايا المحبة للدهن والمحبة للنحاس من المعى الأوسط ليرقة ذبابة Lucilia. (ع ووتر هوس ، رايت Waterhouse & Wright عام ١٩٦٠) .

ترتبط الخلايا العمادية بعملية إفراز الإنزيمات والامتصاص . ويمكن ملاحظة التفريعات النسيجية خلال دورة الإفراز ، فعند أول حبيبات تظهر في السيتوبلازم ، تسب هذه الحبيبات فراغات تنطلق وتتحور منفصلة عن بعضها في تجويف الملى الأوسط عبر السياج المخطط أو أنها تنضم جميعها مكونة فراغ واحد كبير . قد يؤدي وجود الإفراز إلى حدوث تحلل كامل للخلية ، وهذه الأخيرة يحل محلها خلية أخرى بواسطة الخلايا المُجَدَّدة . مثل هذا التحلل قد يحدث عشوائيا خلال القناة الهضمية أو أنه يمر في موجات على طول طبقة الخلايا الطلائية . ويُسمى الإفراز الذي يؤدي إلى حدوث تحلل تام للخلية باسم الإفراز الكامل Holocrine secretion أما الإفراز الذي لا يؤدي إلى حدوث تحلل تام للخلية ولكنها تستعيد وظيفتها مرة أخرى فإنه يسمى الإفراز الجزئي Merocrine secretion .



شكل (٨-٣) رسم تقاطعي لكهف بالملى الأوسط الذي يمتد خلال الطبقة العضلية مكونا حلقة (عن سودجرس Snodgrass عام ١٩٣٥) .

التحزني . في الحشرات التابعة لجنس *Tineola* (من رتبة حرشفية الأجنحة) يتم تراكم المعادن والأصبغ في تجويف جوبلنت أو في سيتوبلازم الخلايا ، وتطرد هذه المواد عند الانسلاخ التالي عند تجديد كل النسيج الطلائي .

تلعب خلايا الملى الأوسط دوراً ثانوياً في عملية الإخراج كما هو الحال في حشرة رودنيس *Rhodnius* حيث يتحلل الهيموجلوبين في الخلايا إلى هيماتين . وصيغة الدم الخضراء (فردوهم Verdohaem) ، والصبغة الصفراوية الخضراء (Biliverdin) . وتتجمع الأخيرة وتتراكم ثم تطرد في تجويف القناة الهضمية للتخلص منها .

عندما تتحلل خلايا الملى الأوسط أثناء الإفراز ، تتكون خلايا جديدة بواسطة انقسام وتمايز الخلايا المُجَدَّدة (شكل ٣-٦) ، وهذه الأخيرة عبارة عن خلايا صغيرة تقع عند قاعدة خلايا النسيج الطلائي وتكون إما مبعثرة أو في مجاميع ويطلق عليها اسم النابت (nidi) كما هو الحال في الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة . وفي بعض الأحيان توجد الخلايا المجعدة في قاع ثاها أو كهوف النسيج الطلائي ، وتُرى هذه الكهوف في كثير من الحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة كحلمات صغيرة على الجانب الخارجي للملى الأوسط (شكل ٣-٨) .

تظهر طبقة العضلات الموجودة على الجانب الخارجي للنسيج الطلائي غير كاملة التكوين ، بينما تقع العضلات الدائرية متاخمة للنسيج الطلائي . وهذا الوضع في الملى الأوسط يكون معاكساً لوضع هذه العضلات في الملى الأمامي . وترتبط طبقات العضلات بغلاف من نسيج ضام رقيق .

من الناحية التشريحية ، يتكون الملى الأوسط من أنبوبة بسيطة غير متنايزة ماعدا وجود أربع أو ست أو ثمانى زوائد أحورية عند النهاية الأمامية . ولو أنه في بعض الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة يتنايز الملى الأوسط إلى حجرة فؤادية أمامية (سندوجراس Sondgrass عام ١٩٣٥ ، ويسمى مؤلفون آخرون مقدم المعدة) ومعدة طويلة . بينما في الحشرات التابعة لمفايزات الأجنحة توجد أربع مناطق ويخرج من المنطقة الأخيرة عدد وفير من الزوائد الأحورية التي تعتبر أماكن نمو وتكاثر للبكتريا .

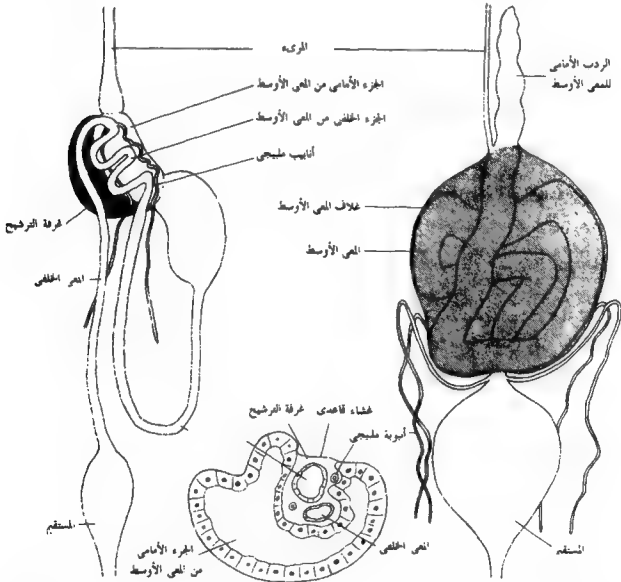
تتغذى الحشرات التابعة لرتبة متجانسة الأجنحة على السوائل النباتية . وللحصول على تغذية كافية يجب أن تتناول الحشرة كميات كبيرة من الطعام السائل ، وهنا تحدث تحورات في القناة الهضمية للعمل على سرعة طرح الماء الزائد والذي دخل جسم الحشرة مع الطعام السائل . ويعتبر هذا ضروري لمنع التخفيف الزائد للهيمولف ولتركيز الطعام لتسهيل القيل والنشاط الانزيمى .

وتبدو هذه المشكلة أقل حدة في باقي الحشرات التي تتغذى على سوائل لأن احتياجات هذه الحشرة من الطعام تكون أقل .

في الحشرات التابعة لرتب حرشفية وغشائية وثلاثية الأجنحة ، التي تتغذى على الرحيق في طور الحشرة الكاملة ، فإنها تحتاج فقط إلى الطعام للحفاظ على الحياة ، أما نموها فيكون قد اكتمل ويكفى كمية الطعام الذى اختزنه في جسمها أثناء الطور اليرقى لتطور البيض . ولذلك فإن الحشرات الكاملة تتناول كميات قليلة فقط من الطعام السائل . ويغزن هذا الطعام السائل في الحوصلة التي تبطن من الداخل بجديد غير منفذ ، وتغر كميات قليلة من هذا الطعام السائل للخلف إلى الملى الأوسط طبقا لاحتياج هذه الحشرات . بهذه الطريقة لا يحدث تخفيف زائد للهيمولف لعدم امتصاص كمية كبيرة من الغذاء السائل . وقد وجد أن حجم الطعام السائل الذى يتناوله البق يكون كبيرا جدا مع عدم وجود حوصلة في قناتها الهضمية ولكنه يوجد مستقيم كبير يمر إليه الماء بأسرع ما يمكن .

في الحشرات التابعة لفوق عائلة Cicadoiden تتحقق عملية طرد الماء إلى المستقيم بواسطة الجزء الأمامى من الملى الأوسط الذى يشكل مثانة كبيرة ذات جدار رقيق ومرتبطة تماماً مع الجزء الأمامى من الملى الخلفى وأنابيب مليجي بواسطة غشائها القاعدى . وتتكون هذه الحجرة في ثانيا الجزء الأمامى من الملى الأوسط وتسمى بحجرة الترشيع (شكل ٣-٩ أ) . ويمر الماء من الملى الأوسط إلى الخلفى مباشرة نتيجة اختلاف الضغط الأسموزى وبالتالي حيث لا توجد أهمية لتدفق السائل خلال فراغ الملى الأوسط . وفي بعض الأنواع يكون هذا الفراغ مسدوداً وبالتالي لا يمكن تدفق السائل . وفي بعض أنواع الحشرات التابعة لفوق عائلة Fulgoroidea يكون الملى الأوسط محاطا بغلاف يحوى بداخله على خلايا بحرية Oenocytes (شكل ٣-٩ ج) ، ويُعتقد أن خلايا هذا الغلاف تلعب دورا نشطا في تحديد درجة تخفيف الهيمولف . وفي هذه الحالة يلاحظ أن الجزء الأمامى من الملى الأوسط يكون مملوءاً بالهواء وغير محاط بالغلاف وهذا يسمح بابتلاع الهواء لتوسيعه أثناء الإنسلاخ دون أن يصاب الغلاف بأضرار .

و بعض الحشرات الماصة للعصارة الساتية ينقسم المعى الأوسط إلى أربع مناطق (كما في الحشرات التابعة متعايرات الأجنحة Heteroptera) . ويُعتقد أن الزوائد الأعورية في المنطقة الرابعة تنزع الماء من هيمنولف بنشاط و بذلك لا يحدث تخفيف زائد له ، و يوجد بين المنطقتين الثالثة والرابعة انقباض يؤكد تدفق الماء للخلف إلى المستقيم (جودتشايند Goodchild عام ١٩٦٣ - ب) .



ج - والحشرات التابعة لعائلة Fulgoroides ب - قطاع عرضي في غرفة الترشيع أ - الحشرات التابعة لعائلة Cicadoides

شكل (٩-٣) أ - رسم تخطيطي للفأدة المصممة في الحشرات التابعة لعائلة Cicadoides وتظهر حجرة الترشيع ؛ عن سودجراس Snodgrass عام ١٩٣٥ .

ب - قطاع عرضي في حجرة الترشيع (عن إيمز Imms عام ١٩٥٧) .

ج - الفأدة المصممة في الحشرات التابعة لعائلة Fulgoroides (عن جود تشايند Good child عام ١٩٦٣ - أ) .

وأخيراً ، في بعض الحشرات التابعة لعائلة Miridae يلامس الجزء الأمامي من المعى الأوسط الغدة اللعابية المساعدة الكبيرة . وبعد تناول الطعام يُفرز سائل رائق من أجزاء الفم ويقترح البعض أن الماء يُسحب من المعى الأوسط إلى الغدة اللعابية ثم يخرج عبر الفم .

تختلف هذه المشكلة في الحشرات الماصة للدم . فمن المعروف أن الحشرة تتناول كمية كبيرة من الدم في الوجبة الواحدة ، وطالما أن هذه الحشرات لا تتغذى بحالة مستمرة ، وأن معظم المواد الغذائية تتواجد في كرات الدم الحمراء بدرجة أفضل منها في محلول السرم ، فإن المحتوى السائل للدم يمكن أن يطرد خارج الجسم مع فقد كمية قليلة من المواد الغذائية . فمثلاً في ذبابة Glossina يتم نزع الماء من دم العائل الذي تتناوله الحشرة في النصف الأمامي من المعى الأوسط ويُطرد للخارج عن طريق أنابيب ملبىجي وبالتالي يظهر بول رائق بينما لا تزال الحشرة تتناول طعامها .

٣-٣-٢ التمايز الوظيفي

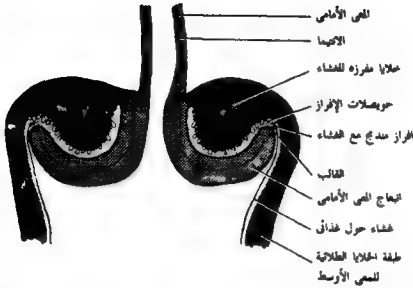
حتى ولو لم يوجد تمايز تشريحي للمعى الأوسط فإنه قد يوجد تمايز وظيفي ، فمثلاً في حشرات Nematocera يحدث امتصاص المواد المختلفة تقريباً في البرقات في الأجزاء المختلفة للقناة الهضمية (ويجلسورث Wigglesworth عام ١٩٤٢) ، ونفس هذه الحالة توجد في برقات الذبابة السوداء Blowfly حيث ينقسم المعى الأوسط من الناحية النسيجية إلى ثلاث مناطق ، وتنقسم المنطقة الوسطى إلى خمسة أجزاء (ووترهوس Waterhouse عام ١٩٥٧) . يحدث مثل هذا التمايز في البرقات التابعة لرتبة حرشية الأجنحة .

يوجد نوعان من الغشاء حول الغذاء حسب طريقة تكوينها . ففي الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة يكون الغشاء حول الغذاء عادة طبقة واحدة مكونة من ألياف عديدة الاتجاهات في مادة غير متبلورة ، وتُفرز كسائل لزج عند النهاية الأمامية للمعى الأوسط . ويقوى هذا السائل خلال مرحلة التشكيل بواسطة الانبعاث القمي وجدار المعى الأوسط وفي النهاية تتكون أنبوبة التي تُصبح غشاء . ولتكوين تشكيل ناجح يجب أن تكون خلايا الانبعاث كبيرة ومتفخة حيث تضغط ضد جدار المعى الأوسط (شكل ٣-١٠) . ويمكن لهذه الخلايا أن تنسحب بواسطة العضلات الطولية ، وتُنسج عند قمة الانبعاث مساعد الغشاء أثناء الحركة على التناول . ويتكون هذا الغشاء المستمر في برقات ذباب الارستالس Eristalis (من رتبة ثنائية الأجنحة) بمعدل حوالي ٦ ملليمتر/ ساعة .

يتكون غشاء النوع الثاني بواسطة انفصال عدة طبقات من جميع سطح المعى الأوسط . ويتكون هذا النوع في الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة وغمدية وغشائية الأجنحة والرعاشات . وبسبب طريقة التكوين ، توجد دائماً عدة أغشية يرقد الواحد داخل الآخر .

في الصرصور الأمريكي يتكون الغشاء من شبكة لوفيفة منتظمة بثلاثة أنظمة من اللويغات عادة وتظهر الواحدة على زاوية ٦٠° أو ٩٠° من الأخرى ، وتكسى مع شبكة منتظمة أقل أو تستمر معها أحياناً .

تصل الثقوب في الشبكة إلى ٠,٢ ميكرون تقريباً ويمتد خلاها طبقة رقيقة (فيلم) غير خلوية (شكل ٣-١٢) (ميرسر ، داي Mercer and Day عام ١٩٥٢) . ويبلغ قطر اللويغات المكونة للشبكة حوالي ١٠٠ أنجستروم ، ويتكون كل خيط في الشبكة من حوالي أربع لويغات .



شكل (١٠-٣) رسم تخطيطى بين اتصال الملى الأمامى والملى الأوسط فى الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة ويظهر مدخلاً للغذاء حول الغذائى والقالب الذى يتكون بواسطة انبعاث الملى الأمامى وجدار الملى الأوسط (عن ويجلسورث Wigglesworth عام ١٩٩٥).

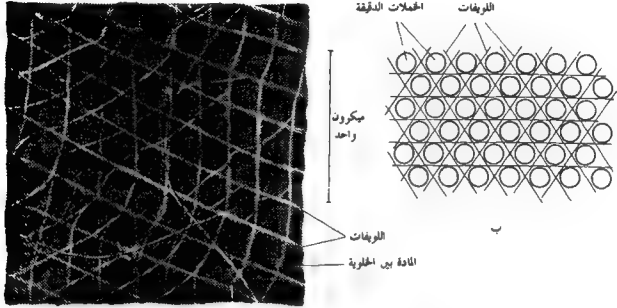
من الممكن أن تشكل خلايا الحفلات الدقيقة Microvilli عارضة يرقد عليها اللويحات (شكل ٣-١٢ ب) ، ومن ثم تتكون الشبكة (مرسر ، داي Mercer & Day) . قد تخرج الشبكات المنتظمة الأقل Less networks من اللويحات الرائدة لأسفل بعيداً على الحفلات الدقيقة ، وتبادل إفراز المادة غير المتبلورة مع إفراز المادة اللويحية . على فترة الإفراز فترة أخرى تلزم لتطور المادة وتوسيعها ولكن بدون إفراز ، ومن ذلك يتكون عدة أغشية . تكون يرقات الزنايم ستة أغشية فى اليوم ، بينما تكون اليرقات الجالمة من جنس *Aeschna* (رتبة الرعاشات) غشائية فقط . فى الحشرات التابعة لرتبة حرشية الأجنحة يحدث تكوين الأغشية بنفس الطريقة السابق ذكرها فى الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة ، وبالتالي تكون الأغشية مزدوجة المنشأ .

وظيفة الغشاء حول الغذائى حماية الخلايا من التلف الذى يحدث من محتويات الملى الأوسط وبذلك فإنه يغيب أو يكون رقيقاً فى كثير من الحشرات الماصة للدم .

عموماً يعمل الغشاء كحاجز للكائنات الحية الدقيقة وبالتالي يمنع الإصابة وحدوث العدوى ، وقد يعمل أيضاً على تسهيل الامتصاص فى الحشرات التى تتناول غذاءها على صورة سائل . فى يرقات حشرة السروء (Blowfly) يمر الغذاء عبر الملى الأوسط من خلال الغشاء حول الغذائى بمعدل حوالى ٥٠ ملليمتر/ ساعة ، بينما يتج هذا الغشاء بمعدل حوالى ٥ ملليمتر/ ساعة فقط . وبالتبعية ، يبقى نسبياً السائل بين الغشاء وطبقة الخلايا الطلائية ويمتص بسرعة كبيرة .

عند حدوث عملية الهضم ، يجب أن يكون الغشاء منفذاً للاتزيمات ونواتج الهضم . وفى ذبابة *Calliphora* (من رتبة ثنائية الأجنحة) يكون هذا الغشاء منفذاً بالكامل للماء والأملاح وسكر الجلوكوز والأحماض الأمينية .

وبالرغم من أن هذا الغشاء يسمح بنفاذية الأنزيمات من الجانب الخارجى للداخل في تجويف المعى إلا أنه لا يسمح بحركة السكريات المعقدة والبروتينات للخارج من تجويف المعى إلى الهيمولف ، وبالتالي يمكن اعتبار أن هذا الغشاء مستقطبا إلى حد ما نتيجة تركيبه ولا يمكن اعتباره ببساطة مجرد مرشح دقيق (جوجيكوف Zhuzhikov عام ١٩٦٤) .

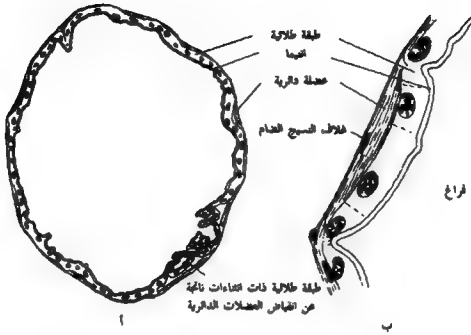


١

شكل (١٩٠٣) أ جزء من الغشاء اللويى من الغشاء حول الغذاء في العرصور الأمريكى .
 ب - رسم تخطيطى لقطاع سطحى من خلية طلاية بالمعى الأوسط ويظهر المخملات الدقيقة (فى قطاع) لتكون عارضة للويحات الخاصة بالغشاء حول الغذاء (عن مورس وداى Mercer & Day عام ١٩٥٢) .

٣-٤ المعى الخلفى Hindgut

يطن المعى الخلفى بطبقة من الجليلد التى تعتبر أرق وأكثر نفاذية من مثيلتها فى المعى الأمامى طبقة الخلايا الطلائية عموما رقيقة ولكن خلاياها تكون شبه مكعبة أكثر من خلايا المعى الأمامى (شكل ٣-١٢) . أما حلقات المستقيم أو الوسائد فإن خلاياها تكون متطاولة وسيتوبلازمها رائق (شكل ٣-١٢) . ماعدا حول المستقيم يكون المعى الخلفى فقيرا فى التراكيب العضلية ، وإذا وجد النظام العضلى ، فإن العضلات الطولية توجد دائما للخارج من العضلات الدائرية . وعلى طول المستقيم تتجمع العضلات الطولية عادة فى عيوبوت تضاد المسافات الموجودة بين حلقاته .



شكل (٣-١٢) أ - قطاع عرضي في لفائف حشرة *Orthippus*
 ب - قطاع في اللفائف بقوة تكبير أعلى .

٣-٤-١ منطقة البواب

منطقة البواب هي الجزء الأول من المعى الخلفي ومنها دائما تخرج أنابيب مليجي . في بعض الحشرات تكون منطقة البواب صماما يقع بين المعى الأوسط والمعى الخلفي .

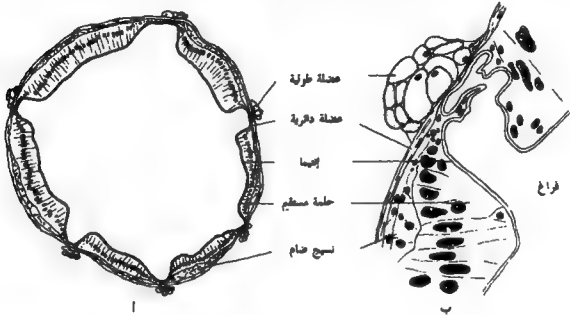
٣-٤-٢ اللفائف

في معظم الحشرات يظهر اللفائف على هيئة أنبوبة غير متمايزة وتنتجه للخلف إلى المستقيم ، أما في بعض أنواع من النمل الأبيض فإن اللفائف يظهر على هيئة كيس أو محفظة يعيش فيها الأوليات السوطية التي تقوم بهضم السليولوز ، أما في الحشرات التابعة لفوق عائلة scarabaeoides فإنه توجد غرفة التخمر . ففي متغاييرات الأجنحة Heteroptera يرتبط اللفائف بعملية إزالة الماء من الميمولف (جودتشايلد Good child عام ١٩٦٣ - ب) ، أما في يرقات ذبابة السرو فإن بعض الخلايا تختص بإخراج الأمونيا (ووترهاوس Water house عام ١٩٥٧) .

٣-٤-٣ المستقيم

يظهر المستقيم ككيس متضخم ذي جدار رقيق إلا في بعض مناطقه ، وهي ومائد المستقيم ذات النسيج الطلائى المكون من خلايا عمادية . يوجد عادة ست حلقات للمستقيم وقد تمتد هذه الوسائد طوليا على امتداد المستقيم أو لامتد مكونة تراكيب كل منها يشبه الحلقة وتسمى حلقات المستقيم كما في الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة .

في الحشرات التابعة لرتبتي مستقيمة الأجنحة والرعاشات تتكون كل وسادة من طبقة واحدة من الخلايا (شكل ٣-١٢ ب) ولكن في الحشرات التابعة لرتب شبيكية وحرشفية وغشائية الأجنحة توجد طبقتان . ويوجد بهذه الوسائد كثير من القصبات الهوائية مما يدل على وجود معدل عال من الأيض فيها .



شكل ٣-١ - أ - قطاع عرضي في مستقيم حشرة Chorthippus
ب - قطاع في المستقيم بقوة تكبير أعلى

للمستقيم (وخاصة وسائد المستقيم) أهمية في إعادة امتصاص الماء والأملاح والأحماض الأمينية من البول (رامزي Ramsay عام ١٩٥٨) . بالإضافة إلى ذلك توجد في اليرقات التابعة لعائلة Helodidae و يرقات Anisoptera خياشيم شرجية في المستقيم . ففي يرقات Anisoptera يتم ضخ الماء من وإلى (في وخارج) المستقيم وبذلك يتم تجديد الماء حول الخياشيم باستمرار ، وعن طريق الطرد القوي للماء يمكن للحشرة أن تدفع نفسها للأمام بسرعة .

٣-٥ التغذية العصبية للقناة الهضمية Innervation of the gut

يتم تغذية المعى الأمامي عصبياً من العقدة العصبية الجذبية الأمامية ومن فرع العصب الراجع والعصب المريئي والعقدة العصبية المعدية . وقد تمتد هذه الأعصاب أيضاً إلى المعى الأوسط . في الجراد الصحراوي تكون العقدة العصبية المعدية ذاتية وتمارس تأثير عظيم على حركات مقدم المعدة . يصل المعى الخلفي أعصاباً من العقدة العصبية البطنية الأخيرة ، أما في غل الصل فإن أعصاباً تمتد إلى المعى الأوسط . لا تنتفذ النهايات العصبية دائماً إلى الغشاء القاعدي الخاص بالنسيج الطلائي في القناة الهضمية وبالتالي فهي عموماً ليست أعصاب حسية ولكنها أعصاب عركرة تتعلق بالتحكم في عمل عضلات القناة الهضمية . وقد وجد أعضاء حس على بلعوم الصرصور الأمريكي .

٣-٦ مرور الطعام خلال القناة الهضمية Passage of food through the gut

يتدفق الطعام للخلف من البلعوم بفعل مضخة البلعوم وبمساعدة مضخة تجويف الحلق الداخلي إذا وجدت ، وبالتالي يمر عبر القناة الهضمية بفعل الحركات الدودية . يتم تنظيم حركة الطعام من الحوصلة إلى المي الأوسط بواسطة مقدم المعدة والصمام المرتبط به . في الصرصور الأمريكي يتناسب معدل تفريغ الحوصلة من محتوياتها تناسباً عكسياً مع تركيز الطعام في هذه الحوصلة حيث يمر الطعام ذو التركيز العالي للخلف إلى المي الأوسط بسرعة بطيئة جداً . وعند وجود طعام سائل تخفف يفتح مقدم المعدة أوسع ولفترة أطول منها في حالة وجود طعام سائل مركز . وقد اقترح بعض الباحثين أن السائل الغذائي الذي تناولته الحشرة ينبه عضو الحس الموجود على البلعوم ، وهذا عضو الحس يُغذى عصبياً من العقدة العصبية الجببية ، ومن هذه العقدة يخرج عصب إلى العقدة العصبية المعوية ثم إلى مقدم المعدة . ومن المحتمل أن تنبيه عضو الحس المشار إليه يحدد معدل فتح مقدم المعدة (دالي ، تريرن Davy & Treherne عام ١٩٦٣ - أ ، ب) .

في المي الأوسط ، يتم مرور الطعام بمساعدة الغشاء حول الغذاء والذي عند حركته للخلف فإنه يحمل الطعام المرتبط به معه . وفي بعض الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة يوجد صمام المستقيم الذي يحتوي على أشواك تساعد على جذب الغشاء حول الغذاء للخلف .

قد يدخل الطعام إلى الزوائد الأعرورية أو لا يدخل . ففي الجراد من جنس *Lepus* تبطن الأذرع الأمامية والخلفية للزوائد الأعرورية بغشاء حول غذائي ويمكن للطعام أن يمر بداخل هذه الزوائد ، ولكن في الجراد من جنس *Schistocerca* تكون الأذرع الأمامية مغلقة بالغشاء وبالتالي لا يتمكن الطعام من الدخول في هذه الزوائد (جودهيو Goodhue عام ١٩٦٣) .

ترتبط حركات المي الخلفي بمبدأ يطرد المادة غير المهضومة من الطعام . في الجراد الصحراوي يكون اللفائفي على هيئة حرف (S) وعند نقطة الانثناء تقلص العضلات محتويات المي ، ويقع ضغط على الغشاء حول الغذاء فيقطع ، ويغلف الجزء الخلفي المفصول من هذا الغشاء كرة البراز . وعندما تبدأ الحشرة في التبرز فإن بطنها يتمدد فيصبح اللفائفي مستقيماً بدلاً من التواءه على شكل حرف (S) ، وفي نفس الوقت يحدث انقباضات في الجزء الخلفي من اللفائفي ثم يدفع المستقيم بقوة كرة البراز إلى الخارج عبر فتحة الشرج (جودهيو Goodhue عام ١٩٦٣) .

كما تقدم يتضح أن البراز يغلف بجزء من الغشاء حول الغذاء القديم ، ولكن هذه الحالة لا تكون عامة في كل الحشرات ، حيث إن في بعضها يُقطع الغشاء في المي الخلفي .

يختلف الوقت الذي يستغرقه الطعام في المرور داخل القناة الهضمية . ففي الصرصور الأمريكي ، يظل الطعام فترة أطول في القناة الهضمية إذا كانت هذه الحشرة نشطة أو إذا كانت صائمة .

ففي الحشرات الصائمة يمكن أن يظل بعض الطعام موجوداً في الحوصلة بعد شهرين من التغذية . ومن ناحية أخرى فقد وجد أن كبر كمية الوجبة الغذائية أو ارتفاع درجة الحرارة ينتج عنها مرور سريع للطعام في القناة

المضمية . عند وجود الغذاء المناسب متاح يمتلئ المعى الأوسط بالطعام خلال ساعة واحدة ويصل هذا الطعام إلى المستقيم في خلال ست ساعات . وتختلف الفترات النسبية اختلافاً واضحاً من حشرة إلى أخرى .

٣-٧ غدد الرأس Head glands

ترتبط بأجزاء الفم الغدد الفككية العليا والفككية السفلى والبلعومية والشغوية بالرغم من أنها لا تتواجد عادة كلها مجتمعة مع بعضها .

٣-٧-١ الغدد الفككية العليا

توجد في الحشرات عديمة الأجنحة وتلك التي تتبع رتب متساوية وغمدية وغشائية الأجنحة ، وهي تراكيب تشبه الكيس وتقع في الرأس وتفتح بالقرب من قواعد الفكوك العليا . غلبة العسل تكون الغدد في الملكة أكبر منها في الشغالة وصغيرة جداً في الذكر . في الملكة تُنتج هذه الغدد الهرمونات المتعلقة بالتحكم في الطائفة بينما في الشغالة فإنها من المحتمل أن تُنتج بعض اللعاب لصقل وتنعيم الشرنقة وقت خروج الحشرة الكاملة . في اليرقات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة تكون غدد الفكوك العليا كبيرة حيث تحضر هي الغدد الخاصة بإفراز اللعاب من الناحية الوظيفية ، أما في الحشرات الكاملة التابعة لهذه الرتبة فتضيق هذه الغدد .

٣-٧-٢ الغدد الفككية السفلى

توجد هذه الغدد في كثير من الحشرات عديمة الأجنحة مثل الكوليولا وبعض اليرقات التابعة لرتبتي شبكية وغشائية الأجنحة ، وتكون عادة صغيرة وتفتح بالقرب من قواعد الفكوك السفلى وقد تتعلق بتخفيف احتكاك (تزييت) أجزاء الفم . في بعض الحشرات التابعة لمتغايرات الأجنحة Heteroptera المفترسة ، قد تلعب هذه الغدد دوراً في إنتاج السم الذي يقتل الفريسة (ادواردز Edwards عام ١٩٦٣) .

٣-٧-٣ الغدد البلعومية

الغدد البلعومية هي تلك التي أسماها سنودجراس (Snodgrass) عام ١٩٥٦ بالغدد تحت البلعومية ، وهي توجد في الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة وتكون كاملة التكوين والنمو في شغالات نحل العسل على وجه الخصوص ، أما في الملكات فتكون أثرية ، بينما تغيب في الذكور . توجد غدة واحدة على كل جانب من جانبي الرأس ، وتتكون كل غدة من أنبوبة طويلة ملتوية ويرتبط بهذه الأنبوبة عدد كبير من الفصوص الجامدة . تفتح هذه الغدد عند قاعدة تحت البلعوم (الزائدة اللسانية) بواسطة قنوات منفصلة عن بعضها (سنودجراس Snodgrass عام ١٩٥٦) وتُنتج هذه الغدد طعام الحفنة الذي تتناوله اليرقات صغيرة السن والذي يلعب دوراً في تحديد إناث الطائفة (شغالات أو ملكات) . ويُعطى هذا الطعام أيضاً للملكات واضعة البيض ومن الممكن للذكور أيضاً (ريباندر Ribbands عام ١٩٥٣) . بالإضافة إلى ما سبق تُنتج هذه الغدد أيضاً إنزيم الانفرتاز .

تحدث تغيرات في نمو وتطور الغدد البلعومية في شغالة نحل العسل وهذه التغيرات مرتبطة بالتغيرات التي تحدث في سلوك النحل . ففي الشغالة الحديثة تكون هذه الغدد نامية بدرجة قليلة ولكن بعد التغذية على حبوب اللقاح

تصبح هذه الغدد أكبر ، وعندما يصل عمر الشغالة إلى خمسة أيام تبدأ في إنتاج طعام الحفنة . في نفس الوقت تعمل الشغالة كمنحلة حاضنة تقوم بإطعام اليرقات الصغرة . وعندما تصبح الشغالة كبيرة السن وتخرج من الخلية لجمع الرحيق وحبوب اللقاح يحدث تراجع في حجم الغدد البلعومية وتضيق في الحجم . وقد لوحظ أن إفراز إنزيم الانفرتاز يزداد في البداية ثم يقل في نفس الاتجاه بالمقارنة بإفراز طعام الحفنة (الغذاء الملكي) .

٣-٧-٤ الغدد الشفوية

توجد هذه الغدد في معظم الحشرات وتغيب من بعض الحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة . وهي غدد كبيرة ، وتمتد للخلف في الصدر .

في معظم الحشرات تكون الغدد الشفوية على هيئة غدد عنقودية (شكل ٣-١٤) ، ويحتوي المنقود على نوعين من الخلايا ، ولكن في اليرقات التابعة لرتبة ثنائية وحرشفية الأجنحة وفي البراغيث تكون هذه الغدد أنبوبية الشكل وتحتوي على نوع واحد من الخلايا

في يرقات ثنائية الأجنحة تكون أعداد الخلايا هائلة وتحتوي على كروموسومات ٢٢ في الدروسوفيليا . ويمكن أن يتأخر جزء من الغدة ليكوّن مخزن لعلى ، بينما في متغابرات الأجنحة Heteroptera تتكون الغدة من عدد من الفصوص المنفصلة (شكل ٣-١٦) .

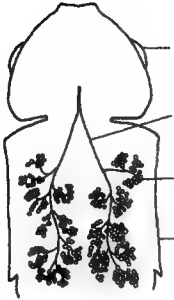
من الناحية الأمامية ، تفتح الغدد في قناة ضيقة على كل جانب ثم تلتحم القناتان في قناة واحدة تفتح في التجويف اللعابي (شكل ٣-١) .

في الحشرات التي تتناول طعامها في صورة سائلة يتحور التجويف اللعابي إلى مضخة ، ويكون لهذا التجويف جدار سفلي صلب وآخر علوي لين الذي يمكن أن يتحرك لأعلى بواسطة العضلات الموسعة وبذلك يمكن امتصاص السائل في فراغ الفم ، وعند ارتخاء العضلات يرتد الجدار العلوي لأسفل بفضل مرونته ويطرد اللعاب للخارج (شكل ٣-١٥) . في بعض الحشرات توجد صمامات لتضمن تدفق اللعاب إلى الأمام .

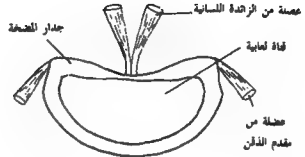
٣-٧-٥ وظائف الغدد الشفوية

في معظم الحشرات تكون الغدد الشفوية هي الغدد اللعابية وظيفتها . ويسهل اللعاب حركة أجزاء الفم ، ويتيح اللعاب بكمية أكبر إذا كان الطعام جافاً ، ويحتوي على إنزيمات تبدأ في هضم الطعام . ووجود إنزيمات معينة يعتمد على الغذاء ولكن من المعتاد وجود إنزيم الأميلاز الذي يحول النشا إلى سكر وإنزيم الانفرتاز الذي يحول سكر السكروز (الثنائي) إلى جلوكوز وفركتوز .

في بعض الأحيان يحتوي اللعاب على إنزيم الليباز والبروتياز . ويعتبر هذان الإنزيمان هامين في الحشرات التي تهمض فريستها خارج القناة الهضمية . يحتوي لعاب بعض الحشرات الماصة للدم أيضاً على مادة ممانعة للتجلط ؛ فإذا أذبلت الغدد اللعابية من الحشرات التابعة لجنس *Glossina* فإن الدم الذي تتغذى عليه يتجلط في أجزاء الفم . ويلاحظ أنه ليس كل الحشرات الماصة للدم تحتوي في لعابها على مادة ممانعة للتجلط .



شكل (١٤-٣) الغدد لعابية لي حرورية
(عن البرفكت Albrecht عام ١٩٥٦) .



شكل (١٥-٣) رسم تخيلى للطاع عرجى لي المضخة للعابية
(عن سنودجراس Snodgrass عام ١٩٣٥) .

في اليرقات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة تنتج الغدد الشفوية الحرير الذى تفرزه اليرقة التامة النمو على هيئة شرنقة تأوى إليها لتدخل في طور العزراء . وغدد الحرير أسطوانية وتمتاز خلاياها بوجود أنوية كبيرة ومتفرعة . يتكون الحرير من بروتين جامد داخل يسمى الفيبروين (Fibroin) الذى يغلف بروتين جيلاتينى قابل للذوبان في الماء يُسمى السيرسين Sericin . في دودة القز يفرز الفيبرينوجين في الجزء الخلفى من الغدة بينما يفرز السيرسين في الأجزاء الوسطى من الغدة . وفي الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة تتصل قنوات هذه الغدد مع قناة من غدة أخرى صخرية تُسمى غدة ليونيت Lyonnet's gland وهذه الغدة الأخرى قد تفرز سائلا يقوم بتليين الأنوية التى من خلالها يمر الحرير . وأخيراً يخرج الحرير على هيئة خيط من فتحة الحرير . في ذكر الذباب العقري من جنس *Panorpa* توجد غدة لعابية كبيرة تقوم بإنتاج كميات كبيرة من اللعاب لتأكلها الأنثى أثناء عملية التزاوج .

تنتج الحشرات الماصة للعصارة النباتية التابعة للتغاريات الأجنحة ومتجانسة الأجنحة نوعين من اللعاب ، أحدهما عبارة عن مادة لزجة التى تتجمد لتكون غلاف أو غمد ، أما النوع الثانى فهو عبارة عن سائل مائى . في حشرة *Oncopeltus* (من تغاريات الأجنحة) تنتج مادة الغمد كأستجابة لمقاومة الوخز بواسطة أجزاء الفم خلال نفاذهم في ورقة النبات . فإذا كانت ورقة النبات جافة فإن الغمد يكون قصيراً وسميماً ، أما إذا كانت الورقة غضة فإن الغمد يكون طويلاً ودقيقاً . ويُفرز اللعاب القمى من الفصوص الجانبية والأمامية للغدد للعابية (شكل ٣-١٦) أما المادة المؤكسدة فإنها تأتي من الغدة المساعدة (ميلز Miles عام ١٩٦٠) . ويلاحظ أن البروتين الدهنى المكون للغمد يفرز عندما ترتد وتراجع أجزاء الفم الثاقبة الماصة مؤقتاً أثناء اختراقها لورقة النبات ويتحول البروتين الدهنى إلى مادة غروية عندما يلامس الهواء (ميلز Miles عام ١٩٦٤) .

وظيفة الغمد لازالت غير واضحة ولكن الحقيقة تؤكد أنه مفتوح عند النهاية الداخلية وبالتالي لا يعمل كمرشح ولكنه قد يعمل على منع فقد العصارة النباتية وفقد اللعاب المائي خلال الجرح الذى تُحدثه الحشرة فى بشرة الورقة (ميلز Miles عام ١٩٥٩) .

يفرز اللعاب المائي من الفص الخلفى للغدد اللعابية أما فى بعض الأنواع من الذباب فإنه ينتج من الغدة المساعدة . وفى حشرة *Oncopeltus* يفرز هذا النوع من اللعاب على سطح ورقة النبات قبل بداية نفاذ أجزاء الفم فيها ثم يعاد امتصاصه بواسطة البقعة . وهذه العملية تنبأ أعضاء الحس الخاصة بالبلع فى الحشرة ويرتبط ذلك بانتخاب المكان المناسب الذى تتناول منه الحشرة طعامها . يفرز كثير من اللعاب أثناء عملية تناول طعامها إذا ما كان هذا الطعام غير سائل ، كما أن مرور الغذاء السائل عبر أجزاء الفم إلى تجويف فم الحشرة يبطئ إنتاج اللعاب . وفى حالة الغذاء الأكثر صلابة يقوم اللعاب بضمم النشا ، كما يقوم بتصفية وترويق الوسط الذى فيه تتناول البقعة طعامها .

فى حشرات المن من جنس *Aphis* (والتي تتناول طعامها من اللحاء) يفرز اللعاب خلال نفاذ أجزاء الفم فى النبات ولا يحدث ذلك أثناء تناول الحشرة طعامها ، بينما فى الحشرات التابعة لجنس *Aecetes* (والتي تتناول طعامها من البرنشمية) يستمر إنتاج اللعاب . يحتوى اللعاب على أنزيم البكتيناز الذى يساعد على نفاذ أجزاء الفم عن طريق تحليل الصفائح الوسطية للخلايا النباتية ، بالإضافة إلى وجود عدد من الأحماض الأمينية والأميدات .

الفصل الرابع

الهضم والإمتصاص

DIGESTION AND ABSORPTION

تختص القناة الهضمية أساساً بهضم وامتصاص الطعام ، وترتبط الأجزاء المختلفة للقناة الهضمية بهاتين الوظيفتين . في بعض الحشرات وخاصة تلك التي تتناول طعامها على صورة سائلة قد تبدأ عملية الهضم قبل تناول الطعام عن طريق حقن أو إرجاع الإنزيمات من قناتها الهضمية إلى الخارج على الطعام . ولكن عمومًا يحدث الهضم في معظم الحشرات في المعى الأوسط حيث تنتج معظم الإنزيمات ، وهذه الإنزيمات تقوم بتحليل المواد المعقدة في الطعام إلى مركبات أكثر بساطة ، ويمكن للأخيرة أن تمتص ثم يستفيد منها الجسم .

تتحلل معظم المواد النشوية إلى سكريات أحادية ولكن في معظم الحشرات لا يوجد إنزيم يحلل السليولوز الموجود عادة في الطعام .

بعض الحشرات مثل الحمل الأبيض والصراصير آكلة الخشب تأوى في قناتها الهضمية كائنات حية دقيقة تسهل هضم السليولوز . تتحلل البروتينات إلى ببتيدات عديدة والتي يمكن أن تمتص على هذه الصورة قبل إجراء عمليات هضم لاحقة عليها . وقد تمتص الدهون على حالتها دون تغير في تركيبها ولكن غالبًا ما تتحلل إلى أحماض دهنية وجليسول . تنشط الإنزيمات لتؤدي وظيفتها تحت ظروف مثل وداخل مدى محدود من رقم الحموضة ودرجة الحرارة .

يحدث الإمتصاص في بعض الحالات كعملية عادية ولكن في بعض الأمثلة الحشرية يحدث إنتقال حيوى لنواتج الهضم . والحركة العادية يمكن أن تحدث طالما كان التركيز في القناة الهضمية يعادل التركيز في الهيمولف ، وفي بعض الحالات توجد آليات خاصة التي تؤكد حدوث ذلك . يحضر امتصاص الماء عملية هامة جدًا وخصوصاً في الحشرات الأرضية ويلعب المستقيم دورًا هاماً في نزح الماء من البراز .

تختلف كفاءة استفادة الحشرة من طعامها . ومعظم الحشرات التي تتناول طعامها من نبات أخضر تهضم وتمتص جزءً قليلاً نسبياً من الطعام الذى تتناوله ويمر معظمه إلى الخارج بدون أى تغير كبراز .

٤-١ المضم Digestion

توجد الإنزيمات الهاضمة في اللعاب وفي إفرازات المني الأوسط . بالإضافة إلى ذلك يمكن تسهيل عملية المضم بواسطة الكائنات الحية الدقيقة التي قد توجد في القناة الهضمية .

٤-١-١ المضم خارج القناة الهضمية

حيث أن اللعاب يحتوي على إنزيمات ، فإن المضم غالبا يبدأ قبل تناول الحشرة لطعامها . وهذه حقيقة وبالأخص في حالة الحشرات التي تتناول طعامها على صورة سائلة حيث تحقن الإنزيمات في العائل ، ففي الحشرات آكلة اللحوم من متغذيات الأجنحة Heteroptera والحشرات التابعة لعائلة Asilidae تتحلل محتويات الفريسة تماما قبل أن تتناولها الحشرة المفترسة ، ليس واضحا حتى الآن ما إذا كان ذلك يتم بفعل إنزيمات الغدد اللعابية أو بفعل ارجاع إنزيمات المني الأوسط .

يحدث أيضا المضم خارج القناة الهضمية في اليرقات التابعة لجنس *Dytiscus* (من رتبة غمدية الأجنحة) والتي ليس لها غدد لعابية وبالتالي تتم عملية المضم الخارجى بالتأكد بفعل إنزيمات المني الأوسط ، وهذه الإنزيمات تحقن في الفريسة من خلال الفكوك العليا التي تجهز بأنبوبة ضيقة مثقوبة ، وعندما يتم هضم محتويات الفريسة خلال فترة زمنية قصيرة ، تُسحب هذه المحتويات إلى داخل جسم الحشرة . وتتناول يرقات الحشرات التابعة لرتبة شبيكية الأجنحة وتلك التي تتبع عائلة Lampyridae طعامها بنفس الطريقة السابقة .

توجد الإنزيمات الهاضمة للبروتينات ضمن المواد الإخراجية في يرقات حشرة السرو Blowfly وبالتالي فإن اللحم الذي تعيش اليرقة بداخله يتحلل ويصبح على هيئة سائل جزئيا قبل أن تتناوله اليرقة . ومن الأمثلة الأخرى على المضم خارج القناة الهضمية ما يحدث في دودة القز حيث تفرز الفراشة عند خروجها من الشرقة إنزيم الروتاز الذي يحلل مادة سيرسين الحرير وبالتالي يسهل خروج الفراشة من الشرقة خلال الثقب الذي أحدثته فيها .

٤-١-٢ المضم الداخلي

تحدث معظم عمليات المضم في المني الأوسط والذي فيه تفرز الإنزيمات . ونظراً لقدرة الحشرة على إرجاع عصارة المني الأوسط ، فإن بعض عمليات المضم يمكن أن تتم في الحوصلة . في الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة يحدث هضم كمية كبيرة من الطعام في الحوصلة وهذا يعكس انتشار الإنزيمات ، ففي الجراد الصحراوي يحدث النشاط الهاضم للإنزيم ألفا جلو كوسيداز في فراغ المني (شكل ٤-١) بالرغم من وجود معظم النشاط في أنسجة المني الأوسط ، وفي الأنسجة الطلائية للزوائد الأعورية (إيفانز ، باين Evans & Payne عام ١٩٦٤) .

يحدث بعض النشاط لإنزيم ألفا جلو كوسيداز في الطبقة الطلائية للمني الأمامي ، ولكن هذا النشاط يكون داخل الخلايا ومن المحتمل ألا يفرز هذا الإنزيم في تجويف المني الأمامي بل يظل محصوراً داخل الخلايا .

يحدث قليل من المضم في المني الخلفي ، ماعدا هضم السليولوز في قليل من الحشرات والتي فيها توجد كائنات حية دقيقة تقوم بعملية هضم السليولوز وليس لإنزيمات الحشرة دور في هذا المضم .

قد تنتج الكائنات الحية الدقيقة إنزيمات يمكن أن تستفيد منها الحشرة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، ويحدث ذلك في هضم السليولوز والشمع ، ففى النحل المعقم من البكتيريا يلاحظ أن الحشرة تفرز إنزيمات الانفرتاز والبروتياز والليباز فقط أما باقى الإنزيمات الهاضمة للمواد النشوية والموجودة فى القناة الهضمية للنحل العادى فإنها تُنتج بواسطة البكتيريا .

٤-٢ الامتصاص Absorption

تُمتص نواتج الهضم فى الملى الأوسيط ، وقد تحدث فى نطاق ضيق فى الملى الخلفى حيث يعاد امتصاص بعض المركبات من البول ، ولا توجد حتى الآن أى أدلة تشير إلى وجود أى امتصاص فى الملى الأمامى . والحالما التى تقوم بعملية الامتصاص هى نفسها التى تقوم بإنتاج الإنزيمات باشكالها المختلفة من حيث دورة نشاطها . وينطبق ذلك على بعض الحالات على الأقل . ومن المعروف أن امتصاص جميع المواد يتم على صورة سائلة حيث لا تحدث عملية البلعمة (امتصاص حبيبات الغذاء الجافة) .

الامتصاص يكون إما عملية عادية أو عملية حيوية ، ويعتمد الامتصاص العادى أساساً على التركيزات النسبية للمادة فى القناة الهضمية وخارجها حيث يحدث الانتشار من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل . بالإضافة إلى ذلك فإنه فى حالة المحاليل الإلكتروليتية نجد أن الميل إلى المحافظة على التوازن الكهربائى داخل وخارج القناة الهضمية يتفاعل مع الميل إلى انتشار المادة المركزة . تتضمن الحركة العادية للماء حدوث حركة من السائل ذى الضغط الأسموزى المنخفض إلى السائل ذى الضغط الأسموزى العالى . ويعتمد الامتصاص الجوى على بعض العمليات الأيضية اللازمة لحركة المادة ضد تركيزها (أى من الأقل تركيزاً إلى الأعلى تركيزاً وهذا عكس الامتصاص العادى) أو ضد الجهد الكهربائى للمادة .

٤-٣ كفاءة الاستفادة من الطعام Efficiency of food utilization

تختلف الكفاءة التى بها تستفيد الحشرة من الطعام باختلاف الحشرات . فى كثير من الحشرات التى تتناول طعاماً سائلاً يوجد قليل من الخلفات الصلبة أو لا يوجد بالمرّة حيث قد تكون القناة الهضمية مسدودة كما فى الرقات التابعة لرتبة شبيكة الأجنحة ، وهنا يجب أن تكون الاستفادة فى هذه الحشرات عالية جداً . ومن ناحية أخرى تكون الاستفادة فى المن عموماً ضعيفة حيث أن التلفخ المستمر للمصارة النباتية فى القناة الهضمية للحشرة يتبعه عبور معظم هذه العصارة للخارج من فتحة الشرج على هيئة ندوة عسلية . ويتم نزع حوالى ٥٠ - ٦٠٪ من نتروجين الطعام المتناول بالمصارة النباتية . هذا وبالرغم من إن الاستفادة من السكريات تكون منخفضة عادة فإنه يحدث بعض عمليات التحليل للسكريات التى تؤدى إلى تكوين السكريات الأحادية (ذات ست ذرات كربون فى الجزيء) والسكريات ذات الجزيئات القليلة وكلها سكريات تظهر فى الندوة العسلية (أوكلار Anclair عام ١٩٦٣) .

في الحشرات التي تأكل النباتات الغضة تكون الاستفادة عموماً من الطعام قليلة ، حيث تستفيد حوريات العمر الخامس من الجراد الصحراوي من حوالى ٣٥٪ فقط من الوزن الجاف للطعام الذى تناولته ولكن حوريات العمر الأول تستفيد من ٧٨٪ من هذا الطعام (دافى Davey عام ١٩٥٤) . وينطبق ذلك ويتحقق في حالة وجود وفرة من الطعام . وإذا جُوعت الحشرة فإن الطعام يظل موجوداً في القناة الهضمية لفترات طويلة ، ومن المحتمل أن ترتفع كفاءة الاستفادة منه .

تستفيد اليرقات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة من ٢٥ - ٤٠٪ من الوزن الجاف للطعام الذى تناولته ، أما الاستنادة من المواد المختلفة المكونة لهذا الطعام فإنها قد تختلف من حشرة إلى أخرى ، حيث تستفيد يرقات أبى دقيقى الكرنب *Pieris brassicae* (من رتبة حرشفية الأجنحة) من الدهون أكثر من استفادة يرقات *Aglais urticae* (من نفس الرتبة) (إيفانز Evans ١٩٣٩) .

وقد اعتبرت بعض الدراسات الحديثة إن الاستفادة من الطاقة تعتبر المقياس الأكثر دقة للاستفادة الاختيارية من الاستفادة الكلية للطعام . فرقات حشرة *Hyphantria* (من رتبة حرشفية الأجنحة) تستفيد من حوالى ٢٣٪ من الطعام الذى تتناوله ولكنها تُمتثل حوالى ٢٩٪ من القيمة الحرارية للطعام الذى تناوله (جبرى Gere عام ١٩٥٦) ، وتمثل النطاطات التابعة لحنس *Crchelimum* حوالى ٢٧٪ من القيمة الحرارية للطعام (سمولى Smalley عام ١٩٦٠) .

بالرغم من أن المستويات العالية للاستفادة تُعبّر عن الكفاءة من وجهة نظر التغذية فإن ذلك يتكافأ ويتوازن بواسطة عدة اعتبارات أخرى ، وقد تحسّل داد (Dadd) عام ١٩٦٠ - على معدلات نمو أسرع ونسبة حياة أعلى للجراد من جنس *Locusta* ، *Schistocerca* عند إضافة كميات كبيرة من السليولوز في البيئة الصناعية وتنخفض الاستفادة إلى ٤٢ - ٥٠٪ بالمقارنة بنسب الاستفادة في الحالة العادية (٧٠ - ٨٠٪) ومن ذلك يمكن الاستدلال على أن العوامل الآلية والقيمة الغذائية للطعام لهما أهمية في هذا الموضوع .

الفصل الخامس

التغذية

NUTRITION

يجب أن يحقق الطعام الذى تناولته الحشرة وهضمته الاحتياجات الغذائية لها واللازمة لنموها وتطورها بحالة طبيعية . وهذه الاحتياجات معقدة . وبالرغم من ضرورة وجود معظم المواد الغذائية فى الطعام فإن بعض هذه المواد يمكن أن تحصل عليها الحشرة من مصادر أخرى . فبعضها قد يتراكم داخل الحشرة ويحتفظ به من أطوار الحشرة الحديثة وبعضها يتم تخليقه فى الحشرة من مكونات غذائية مختلفة أخرى بينما قد تزود بعض الكائنات الحية الدقيقة الحشرة ببعضها . وتعثر بعض هذه المواد وبالأخص الأحماض الأمينية والفيتامينات ضرورة لحدوث أى نمو وتطور فى الحشرة كما وأن بعض المواد الأخرى تكون غير ضرورية ولكنها لازمة لحدوث نمو وتطور أمثل للحشرة .

تعتبر المواد النشوية المصدر الأساسى للطاقة وبرغم ذلك فهي ليست ضرورية دائما . وتعثر لازمة عادة للنمو العادى . ويوجد حوالى عشرة أحماض أمينية تعتبر ضرورية للأنسجة وإنتاج الإنزيمات فى الحشرة . وعادة تعتبر الدهون ضرورة بكميات بسيطة فقط . ويعتبر الطعام المصدر الأساسى للإسترولات اللازمة لجميع الحشرات حيث لاقتصر على تخليقها .

وتعتبر الفيتامينات المختلفة ضرورة فى الطعام الذى يعتبر المصدر الهام للأملاح غير العضوية أيضا .

فى حالة غياب بعض الاحتياجات أو فى حالة عدم وجود توازن بينها فى الطعام فإن النمو قد يتوقف أو يكون ضعيفا ، كما قد تفشل عملية الانسلاخ .

يتأثر التلون فى الحشرة أيضا ببعض عناصر الغذاء . أما فى الحشرات الاجتماعية التابعة لرتبة غشائية الأجنحة فإن تحديد أفراد المستعمرة يرتبط بالصفات الغذائية . ويعتبر المصدر الكافى من البروتين ضروريا فى إنتاج البيض .

أثناء تناول الحشرة طعامها وأثناء النشاطات الأخرى للحشرة قد تحدث الإصابة ببعض الكائنات الحية الدقيقة ، ولكن فى بعض أنواع الحشرات توجد الكائنات الحية الدقيقة دائما فى الحشرة . ويعتبر وجودها ضرورى لنمو الحشرة بصورة طبيعية . وفى بعض الأحيان تسكن هذه الكائنات الحية الدقيقة فى خلايا خاصة وتنتقل من جيل لآخر ، وتوجد الكائنات الحية الدقيقة عادة فى الحشرات ذات الطعام المحدود الذى ينقصه بعض المركبات الغذائية الضرورية وبالتالي قد تمعد هذه الكائنات الحشرة بهذه المركبات .

١-٥ الاحتياجات الغذائية Nutritional requirements

من المتوقع أن تساوى الاحتياجات الغذائية الأساسية لجميع الحشرات حيث تتشابه عمليات الأيض الأساسية فيها ، ولكن يوجد اختلافات في الاحتياجات الغذائية لأنواع الحشرات المختلفة ، وقد تزداد هذه الاختلافات نتيجة الاختلافات الحقيقية في الأيض فيها ، أو نتيجة وجود مخزون غذائي كاف متراكم بداخلها من الأطوار السابقة أو نتيجة قابلية الحشرة أو الكائنات الحية الدقيقة المرتبطة بها على تخليق بعض المركبات الغذائية .

١-١-٥ التحيزين

أحيانا لا تحتاج الحشرة إلى مادة غذائية ضرورية في الطعام لوجود مخزون كاف فيها متراكم داخل الجسم خلال فترة تناول الطعام السابقة والمبكرة . ويوجد نوعان هامان من المواد الغذائية المخزونة ، الملح في البيضة والجسم الدهني في اليرقة والحشرة الكاملة . ونظراً لصغر حجم البيض النسبي ؛ لا يمكن البيض من تخزين العناصر الغذائية الأكثر مثل الجلوكوز في حالة وجود فائض عن احتياجات الجنين ولكن العناصر الغذائية الأقل مثل الفيتامينات قد توجد بكمية كافية لتلأم احتياجات اليرقة المتصورة (جوردون Gordon عام ١٩٥٩) . ولا تخزن جميع العناصر الغذائية الأقل في البيضة حيث وجد حمض المينوليك I.ionic في بيض الصرصور الألماني بينما لا يوجد الثيامين .

وحيث أن هذه المخازن تستهلك ، فإن الحشرة تحتاج إلى تزويد مستمر بالعناصر الغذائية عن طريق الضعفم الذي تتناوله . هذا وقد وجد أن بيض الصرصور الألماني يحتوي على كمية كافية من إينوسيتول تكفي نمو الحشرة إلى طور الحورية الثالث ، بينما في بيض الجراد الصحراوي توجد كمية من بيتا كاروتين تكفي للنمو الطبيعي خلال طور الحورية كله ، ولكن إذا كان البيض موضوعاً بواسطة إناث تعاني من نقص الكاروتين فإنه لن يوجد كاروتين مخزون في البيض وتصبح مادة ضرورية في طعام الحوريات يجب أن تتوافر لحدوث النمو الطبيعي (داد Dadd عام ١٩٦١ - ج) .

تخزن أكبر كمية من المواد الغذائية في الأجسام الدهنية لليرقات والحشرات الكاملة ، ويحدث ذلك مثلاً في حالة الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة التي لا تتناول طعاماً في طور الحشرة الكاملة . تتراكم كميات كافية من المخزون الغذائي في اليرقة حتى تزود العمليات الأيضية في الحشرة الكاملة . وإذا تناول الجراد الحشائش في غذائه خلال العمرين الأول والثاني للحورية فإنه يقدر على إكمال نموه إلى العمر الأخير للحورية بدون وجود نمواد النشوية في الطعام وذلك لأن الجراد يمكنه تراكم كميات كافية من المواد النشوية في الجسم الدهني (داد Dadd عام ١٩٦٣) . يمكن أن تُخزن العناصر الغذائية الأقل ، ففي يرقات *Anthonomus* (من رتبة غمدية الأجنحة) يتم تخزين كميات كافية من الكولين وإينوسيتول لتسمح بتطور البيض حتى في حالة غيابها في طعام الحشرات الكاملة . وفي بعض الحالات يمكن الحصول على المواد الغذائية من تحلل الأنسجة وبالتالي فإن المواد الغذائية اللازمة لتطور بيض البعوض الذي يتولد بكربها واللازمة لتطور صغار المن تشتق من التحلل الذاتي للمضلات الجناحية .

٥-١-٢ التخليق بواسطة الحشرة

تختلف قدرة الحشرات على تخليق المواد الغذائية . فبعض المواد مثل الأحماض النووية يتم تخليقها في جميع الحشرات ، وهذا التخليق قد يكون كافياً للنمو . ولكن يتحسن النمو في حشرة الدوروسوفيل إذا أُجد حمض الريبونيوكليك في الطعام . في بعض الأحيان يتم تصنيع الفيتامينات أيضاً داخل جسم الحشرة ، كما يمكن للسواد الأعظم من الحشرات أن تُخلق الكولين وحمض الأسكوربيك ، وتُصنع حشرة *Tenebrio* حمض الليونيك بملامحها ولكن تحتاجه بكمية محسوسة في طعامها . وتقدر الحشرات نوعاً على تخليق البريدوكسين ، بينما يمكن لثاقبات القصب الصغرى *Chilo* من رتبة حرشفية الأجنحة أن تُخلق كثير من الأحماض الأمينية غير الضرورية بمجسمها .

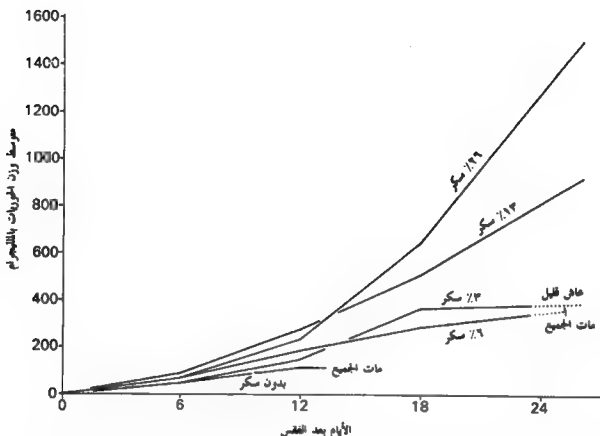
٥-٢ تأثير نقص الطعام The effects of dietary deficiencies

النقص الغذائي الناتج عن وجود كميات غير كافية من المواد الغذائية في الطعام يبدو في عدة اتجاهات (انظر هوس House عام ١٩٦٣) ، فقد يُضعف النمو أو الانسلاخ أو قد يؤثر على شكل الجسم أو قد يكون له تأثيرات ضارة وغير مرغوب فيها على التناسل .

٥-٢-١ التغذية والنمو

تعتبر بعض المواد الغذائية ضرورية لحدوث نمو ، فمثلاً تحتاج جميع الحشرات إلى استرول في طعامها وعند غياب الاسترول المناسب تموت الحشرة (داد Dadd عام ١٩٦٠ - ب) . وينطبق ذلك أيضاً على الأحماض الأمينية والفيتامينات ، أما غياب مادة الغذائية فإنه يقود إلى ضعف النمو ولو أنه يحدث فعلاً في غيابها . فمثلاً يمكن ليرقات الدوروسوفيل أن تتغذى على الحماض (سانج Sang عام ١٩٦٠ - ب) . وبالمثل في الجراد الصحراوي يحدث إسهال للنمو في وجود فيتامينات كاريتين وحمض ليبويك (كاريتينامين ب١٢ بالرغم من أنها جميعاً لا تعتبر ضرورية (داد Dadd عام ١٩٦٣) .

تعتبر كميات المواد الغذائية في الطعام هامة ويجب أن تصل هذه الكميات إلى قيم الحدود الدنيا لها على الأقل إذا أُريد الحصول على محصول جيد (داد Dadd عام ١٩٦٠ - ج) . فمثلاً يحتاج الجراد الصحراوي إلى ٢٠٪ سكر في الطعام على الأقل للحصول على نمو جيد (داد Dadd عام ١٩٦٠ - ج) . بينما يصل الحد الأدنى لاحتياج الحشرة من الكولسترول إلى حوالي ١٠٠٠ ميكروجرام لكل جرام من الطعام (داد Dadd عام ١٩٦٠ - ب) ، أما بالنسبة لمجموعة فيتامينات ب فإنها تحتاج منها يتراوح ما بين ٢,٥ إلى ١٠٠٠ ميكروجرام لكل جرام من الطعام (جدول ٢ ، داد Dadd عام ١٩٦٠ - ب) . تزيد قدرة الحشرة على تحمل وجود زيادة من المواد الغذائية في الطعام مثل الفيتامينات والأملاح غير العضوية وهذا لا يحدث تثبيط نمو الجراد الصحراوي إذا زادت تركيزات هذه المواد إلى حوالي عشرة أضعاف الحد الأدنى لها في الطعام (داد Dadd عام ١٩٦١ - أ ، ب) . ولكن هذه الحالة لا تنطبق دائماً على جميع المواد الغذائية . فمثلاً وجد أن المستوى الأمثل للكازين وبقاى المواد الغذائية من طعام الدوروسوفيل

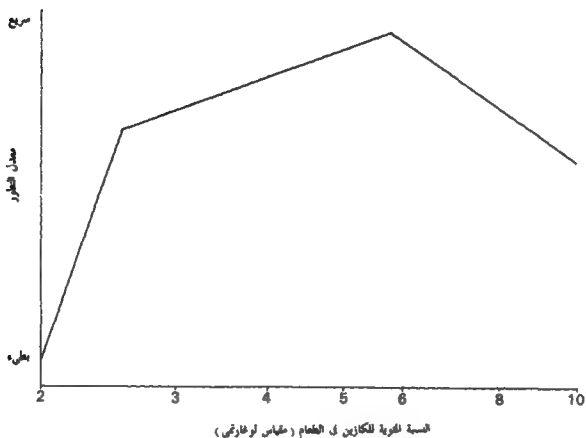


شكل (١-٥) تأثير التركيزات المختلفة من السكر على نمو الجراد الصحراوي من جنس *Schistocerca* (من داد Dad عام ١٩٦٠ - ب).

يؤدي إلى نمو طبيعي للحشرة وأن ارتفاع أو انخفاض هذا المستوى يقلل معدل النمو وتطور الحشرة (شكل ٥ - ٢ ، ساج Sang عام ١٩٥٩) ، كما يصبح النمو بطيئاً في حشرة *Tribolium* عند وجود تركيز عال من البيوتين في الطعام . تعتبر نسب المواد الغذائية لبعضها في الطعام هامة أيضاً . فمثلاً تركيز حمض الريبونيوكليك اللازم لحدوث نمو وتطور أمثل في حشرة الدروسوفيلا يتضاعف في حالة غياب حمض الفوليك . كما أن زيادة تركيز الكازين في الطعام من ٤٪ إلى ٧٪ يلزمه مضاعفة تركيزات حمض النيكوتينك وحمض البانتوثنيك والبيوتين وحمض الفوليك للحصول على نمو أمثل . هذا التضاعف في تركيزات الفيتامينات يعكس النشاط العظيم للنظام الأنزيمي في حالة وجود تركيزات عالية من اليروتين .

قد تتغير الاحتياجات الغذائية في الأطوار المختلفة للحشرة . فمثلاً يحتاج الجراد الصحراوي إلى مواد نشوية أكثر في الأعمار المتقدمة من طور الحورية عنها في الأعمار المبكرة . وفي دودة الذرة الأوروبية (من رتبة حشرية الأجنحة) يمكن لليرقة أن تنمو خلال الثلاثة أعمار الأولى بدون مواد نشوية ، وفي هذه الحالة فإن احتياجاتها الغذائية الزائدة من هذه المواد في الأعمار الأخيرة ترتبط بتراكم المخزون الغذائي في الجسم الدهني . ويمكن للصراصير الألمانية أن يمو إلى العمر الثالث للحورية بدون الإبتوسيتول كما يمكن للجراد الصحراوي الحديث السن أن يعيش

بدون حمض الأسكوربيك ولكن هذه المواد تحتاجها الحشرات في الأعمار المتقدمة . وفي جميع الأمثلة السابقة يلاحظ أن المواد الغذائية التي تكفي الأعمار الأولى تكون مخزونة في البيضة ، فإذا ما نفذ المخزون من هذه المواد ، وجب تواجد هذه المواد في الطعام وهذا ما يظهر في الأعمار المتقدمة .



شكل (٧-٥) تأثير التركيزات المختلفة من الكازين على معدل تطور يرقات الدروسوفيلا
(من ساج Sang عام ١٩٥٩) .

الفصل السادس

الجسم الدهنى وعمليات الأيض THE FAT BODY AND GENERAL METABOLISM

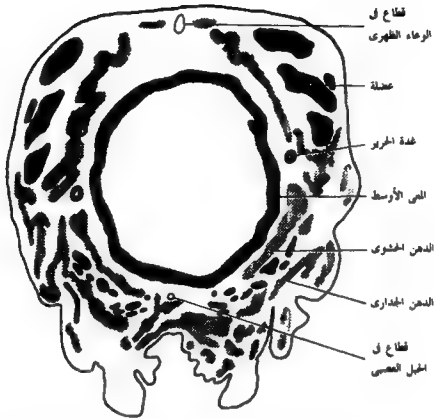
يتكون الجسم الدهنى فى الحشرات من خلايا تشابه خلايا الدم ، وتتجمع الخلايا لتكون نسيج غير منتظم ومنتشر فى الجسم . ويقوم الجسم الدهنى بتخزين المواد الغذائية داخل الجسم كما يقوم فى بعض الحشرات بتخزين المواد الإخراجية . فى حشرات قليلة جدا يتحول الجسم الدهنى ليصبح كمصدر منتج للضوء . وللجسم الدهنى أهمية عظمى كمركز يحدث به كثير من العمليات الأيضية .

يتضمن الأيض ، فوق كل شئ ، الاستفادة من المواد الغذائية التى امتصت من القناة الهضمية ، وتمثل هذه المواد إما إلى مواد جسمية أو أكسديتها لإنتاج الطاقة . وتعتبر المواد النشوية هى المصدر العام للطاقة فى الحشرات ولكن فى بعض الأنواع يمكن الاستفادة من الدهون فى إنتاج الطاقة أثناء الطيران . تتأكسد المادة النشوية فى سلسلة من الخطوات الصغيرة وبالتالي فإن الطاقة التى تتحرر يمكن الاحتفاظ بها فى روابط فوسفاتية عالية الطاقة . بهذا الشكل تصبح الطاقة متاحة داخل الخشرة لكى تقود عمليات الأيض الأخرى وبالذات عمليات إنتاج وتطبيق المركبات وكمصدر للطاقة فى العضلات .

يخزن الغذاء فى الحشرات على هيئة أشكال خاصة من الدهون والمواد النشوية ويتم تخليق هذه المواد من الغذاء الذى تناوله الخشرة بعد هضمه وامتصاصه ويمكن الاستفادة منه إما فى إنتاج الطاقة أو فى إنتاج أنسجة جديدة . وكذلك البروتينات تخلق بمواصفات خاصة فى الخشرة من الأحماض الأمينية المشتقة من الطعام المهضوم والممتص .

١-٦ الجسم الدهنى Fat body

يتكون الجسم الدهنى فى الخشرة من كتل معككة أو مدجة من خلايا ترتبط بغلاف غشائى معلق بحرية فى تجويف الهيمونوف ولذلك فإنه يُعمر فى الهيمونوف . ترتب الخلايا فى خطوط أو صفوف غير منتظمة ، والترتيب هنا يكون ثابتا نسبياً بالنسبة للنوع الواحد من الحشرات . وغالباً ما توجد طبقة جدارية من الدهن تقع تحت جدار الجسم مباشرة ، كما توجد طبقة حشوية تغلف القناة الهضمية (شكل ١-٦) .



شكل (٩-٦) قطاع عرضي في ريفة أدي دلفن من جنس *Pharis* موضحاً به إنتشار الدهن

٩-٩-٦ الخلايا المغذية

يتكون الجزء الأكبر من الجسم الدهني من خلايا تُسمى الخلايا المغذية ، ففي الرقة الصغيرة ، تحتوي هذه الخلايا على محتويات قليلة وأنوية مستديرة ولكن بمرور الوقت تظهر فجوات داخل هذه الخلايا وتمتلئ بمواد غذائية مخزنة كالجليكوجين أو الدهن أو البروتين . وتصبح النواة منضغطة أو كثيفة أو مستطيلة أو ذات شكل نجمي ، وقد لا تظهر الحدود بين الخلايا بالرغم من أنها تصبح مرئية مرة أخرى عندما تنفذ هذه المحتويات الغذائية من الخلايا . وفي وقت حدوث التطور في الحشرات كاملة التطور تظهر في الخلايا المغذية حبيبات من مواد تشبه الألبومين وتعتبر هذه الحبيبات كمنتجات لتخليق البروتين أو البروتين الدهني ولكن نذر وجورج (Nair & George) عام ١٩٦٤ يعتبران هذه الحبيبات من المكونات الخلوية الناتجة عن تخليق الدهن .

تشبه الخلايا المغذية بعض خلايا الدم وقد توجد علاقة وثيقة بينهما . وهناك اعتقاد سائد أن خلايا الدم تدخل وتضاف إلى مكونات الجسم الدهني . ففي الحشرات المائية التابعة لمغاريات الأجنحة يزداد حجم الجسم الدهني خلال فترة الحياة باحتوائه على خلايا الدم الدهنية الحرة Adipohaemocytes . أما في حشرة *Aleyrodes* فإن خلايا الجسم الدهني تسبح بحرية في الهيمولف وبذلك لا يوجد تحديد واضح بين خلايا الجسم الدهني وخلايا الدم .

في الخلايا المغذية يحدث تراكم لمغذاء المخزون وعادة يشكل الدهن معظم المخزون الغذائي ، ويخزن الدهن على أشكال مختلفة تعتمد على نوع الغذاء الذي تناولته الحشرة وعلى درجة حرارة التخليق . وتوجد عادة المادة النشوية في الجسم الدهني على هيئة نشا حيواني (جليكوجين) وقد يوجد أيضاً البروتين . وعادة لا يخزن البروتين بكمية محسوسة في الحشرات الكاملة ولكنه يوجد في الخلايا المغذية لشغالات نحل العسل أثناء الشتاء حيث تستخدمه في إنتاج الإفرازات اللعابية التي تتغذى عليها اليرقات في الربيع التالي .

يزداد المخزون الغذائي عادة خلال فترة حياة اليرقة وخاصة في الحشرات كاملة التطور ، فقد وجد أن اليرقة التامة النمو لنحلة العسل تحتوي على حسم دهني يشكل ٣٣٪ من الوزن الجاف للجسم .

يلعب الغذاء المخزون دوراً هاماً وحيوياً في الحشرة أثناء فترات عدم تناولها للطعام سواء أكانت فترات طويلة أو قصيرة . وأثناء الطيران الطويل يعتبر المخزون الغذائي في الجسم الدهني المصدر الرئيسي للطاقة وهناك حقيقة عامة مفادها أن الحشرة تفقد على القيام بالطيران عندما يكتمل المخزون الغذائي في الجسم الدهني . كما تستطيع الحشرات الكامنة أو الساكنة أن تعيش بفضل هذا المخزون الغذائي الذي يتركز ويترك بكمية كبيرة قبل دخول الحشرة في دور السكون . فمثلاً تقوم بعوضة الكيوليكس ببناء مخزون غذائي كبير في الخريف وبالتالي فإنه مع بداية الشتاء يشكل الجسم الدهني حوالي ٣٠٪ من وزن الجسم الرطب . ومع نهاية الشتاء ينفذ المخزون بدرجة كبيرة من الجسم الدهني حتى أن هذا الجسم الدهني يشكل حوالي ٦٪ فقط من الوزن الرطب لجسم البعوضة .

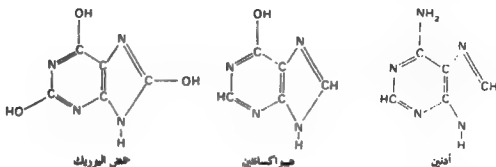
يستخدم المخزون الغذائي في يرقات الحشرات كاملة التطور أثناء عملية تطور الحشرة عندما تقوم الحشرات الكاملة ببناء أنسجة جديدة . ويختلف مصير الجسم الدهني في هذه الفترة . وعموماً تكون خلايا الجسم الدهني حية ولكن في الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة وبعض الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة تتحلل هذه الخلايا غالباً . ويعد بناء الجسم الدهني بعد ذلك في الحشرة الكاملة من الخلايا القليلة المتبقية من اليرقة أو من النسيج الجنيني . ويعتمد إنتاج البيض أيضاً على المخزون الغذائي في الجسم الدهني وبالتالي في الحشرات التي لا تتناول طعاماً في طور الحشرة الكاملة وهنا يكون الجسم الدهني أكثر رطوبة وينمو في الأنثى عنها في الذكر .

٩-٩-٢ خلايا اليورات

تنتشر خلايا اليورات بين الخلايا المغذية في الجسم الدهني لكثير من الحشرات مثل الكولوبولا والصرصور الشرقي وبعض اليرقات ، وفي هذه الخلايا يتركز حمض اليوريك . ويلاحظ أنه في هذه الحشرات تغيب أنابيب مليجي أو أنها توجد ولكن لا تقوم بإخراج حمض اليوريك وهنا تعتبر عملية تراكم هذا الحمض في خلايا اليورات صورة من صور الإخراج يُطلق عليها الإخراج التخزيني .

في بعض الحشرات الأخرى مثل يرقات حرشفة الأجنحة والتي فيها تؤدي أنابيب مليجي وظيفتها الإخراجية على الوجه الأمثل يلاحظ وجود تراكبات حمض اليوريك في بعض الخلايا المغذية أثناء الأعمار اليرقية المختلفة ، ثم تمر إلى أنابيب مليجي عند دخولها في طور العذراء . ومن المحتمل أن تكون هذه التراكبات هي المنتجات النهائية للعمليات الأيضية في الخلايا الفردية ولا توجد أدلة تشير إلى أن هذه الخلايا تعتبر مخازن يحد بها تراكم للمنتجات الآتية من أجزاء أخرى في الجسم .

من الممكن أن يخزن حمض اليوريك في خلايا اليورات كحفظ للتروجين الذي يستعمل في إنتاج أعضاء جديدة أو أنه بعد احتزال حمض اليوريك إلى هيبوكسانين يصبح متاحاً للإمداد بمركبات البيورينات مثل الأدينين اللازم لتخليق البروتين النووي ولكن الإنزيمات اللازمة لإتمام هذه التفاعلات غير معروفة في الحشرات (كيلبي Kilby عام ١٩٦٣).



٣-١-٦ الخلايا الفطرية

الخلايا الفطرية هي الخلايا التي تحتوي على الكائنات الحية الدقيقة . في كثير من الحشرات مثل الصراصير تنتشر هذه الخلايا خلال الجسم الدهني وتقوم هذه الكائنات بتخليق عناصر غذائية . ففي حشرة *Bleberus* (على الأقل) لا تختلف الخلايا الفطرية في التركيب عن الخلايا المغذية العادية وكل فرد من أفراد البكتيريا الموجودة يغلف بغشاء (وولكر Walker عام ١٩٦٥) .

٤-١-٦ الخلايا القصبية

في حشرات ذبابة الأثر (من ثنائية الأجنحة) التي تتطفل يرقاتها على مجايف الحيوانات الثديية أو أنسجتها (*Gasterophilus*) توجد الخلايا القصبية التي تتميز بأن بها اعداد من القصبيات الهوائية المنتشرة داخل الخلايا .

والخلايا القصبية كبير جداً يصل قطر الخلية ما بين ٣٤٠ إلى ٤٠٠ ميكرونًا وهذه الخلايا غالباً مائلاً للثلاث الخلفي من الجسم الدهني . تقضي يرقة *Gasterophilus* جزء من حياتها مرتبطة بجدار معدة الحصان وخلال هذه الفترة تحتوي على الهيموجلوبين في البداية ينتشر الهيموجلوبين خلال الجسم الدهني للحشرة ولكن بعد ذلك يصبح مركزاً في الخلايا القصبية التي يمكن تمييزها عن الخلايا المغذية الهوائية . وتظهر هذه الخلايا مع الهيموجلوبين قدرة الرقة على الاستخدام الأمثل للهواء المتقطع الذي يصلها مثل فقاعات الغاز في طعام الحصان (كيلين ، وانج Keilin & Wang عام ١٩٤٦) .

٥-١-٦ الخلايا الأخرى

في ملكة النمل الأبيض ، يختلف الجسم الدهني من الناحيتين التركيبية والكيمائية عن الجسم الدهني في باقي أفراد المستعمرة بما فيها اليرقات . ويحدث هذا الاختلاف في التركيب عن نظيره في الرقة في حشرة *Kaloterms* عندما تتغذى الملكة في البداية بواسطة أعضاء المستعمرة الآخرين ، وهنا تظهر خلايا متخصصة (جراسي ،

غاراجوزلو Grass & Gharagozlu عامى ١٩٦٣ ، ١٩٦٤) . ويحتوى الجسم الدهنى للملكة على قليل من الجليكوجين أو الدهن ومن المحتمل أن يتخصص فى تخليق البروتين . ويظل ذلك فى وجود المستوى العالى من الأفرزات التى تنفذى عليها الملكة بواسطة أعضاء المستعمرة الآخرين وفى وجود الكميات الكبيرة من البروتين التى تحتاجها الملكة لإنتاج أعداد هائلة من البيض .

يتراكم الكالسيوم فى الجسم الدهنى لليرقات آكله النباتات الغضة من رتبة ثنائية الأجنحة على هيئة كربات كالسيومية Calcospherites .

٦-٢ التلألؤ (انبعاث الضوء) Luminescence

يظهر عدد من الحشرات بمظهر متلألئ ، ولكن فى حالات كثيرة يرجع التلألؤ إلى البكتيريا . ويحدث التلألؤ الذاتى (دون دخل للبكتيريا فى ذلك) فى قليل من حشرات الكولوبولا مثل *Onychiurus armatus* وفى حشرة *Fulgora* *Lanternaria* (من رتبة متجانسة الأجنحة) وفى قليل من اليرقات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة من عائلتي *Bolitophiliidae* ، *Platyuridae* وفى عدد كبير نسبيا من الحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة من عائلات *Phengodidae* ، *Elaterridae* ، *Lampyridae* وفى هذه العائلات يحدث التلألؤ فى كلا الجنسين أو قد يحدث فى الأنثى ، وقد يحدث أيضا فى اليرقات .

توجد الأعضاء المنتجة للضوء فى أجزاء مختلفة من الجسم ، فنبعث من جميع أجزاء جسم حشرة *Onychiurus* وهج ، ولكن فى معظم الخنافس تكون أعضاء الضوء منبجعة نسبيا ومتضمنة مع بعضها ، وتوجد عادة على السطح البطنى لمنطقة البطن الحشرة . فى ذكور حشرة *Photuris* (من رتبة غمدية الأجنحة) يوجد زوج من أعضاء الضوء فى المنطقة البطنية لكل من الخلفتين السادسة والسابعة البطنية . أما فى الإناث فتكون هذه الأعضاء أصغر وعادة توجد فقط على حلقة واحدة .

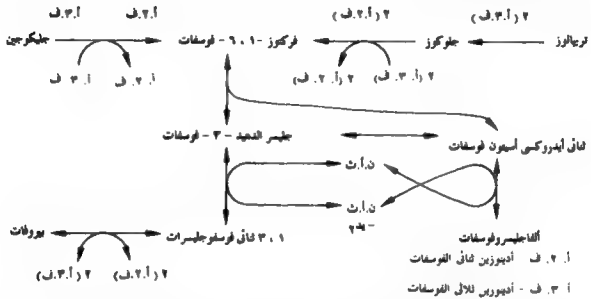
يوجد باليرقات زوج من أعضاء الضوء الصغيرة على الحلقة البطنية الثامنة ، ولكن تختفى هذه الأعضاء أثناء التحول عند تكوين أعضاء الحشرة الكاملة . أما فى حشرة *Fulgora* فيوجد عضو الضوء فى الرأس وتشتق أعضاء الضوء عموما من الجسم الدهنى أما فى حشرة *Bolitophila* (من رتبة ثنائية الأجنحة) فتكون هذه الأعضاء من النهايات البعيدة المتطاولة لأنياب مليجي .

٦-٢-١ التنفس اللاهوائى

تزداد كفاءة إمداد الأنسجة بالأكسجين عن طريق القصبات الهوائية حتى عند الطيران عندما تكون عمليات الأكسدة نشطة جدا . وهذا الإمداد فى العادة يحفظ معدل حدوث عملية نزع الأيدروجين من مادة التفاعل ونقل الإلكترونات إلى السيترولازم ولذلك فإنه من غير العادى ألا تستكمل عملية الأكسدة ، ولكن قد تحدث فى بعض الأحيان عملية تنفس لاهوائى أثناء الطيران ويمكن للحشرة أن تعيش لفترات طويلة تحت الظروف اللاهوائية .

فى التنفس اللاهوائى لا تتواصل عملية تحلل مادة التفاعل سوى عملية تحلل الجليكوجين . وفى الفقاريات تختزل البروفات (الناتج النهائى لتحلل الجليكوجين) إلى لاكتات . فى عضلة طيران الحشرة تنتج كمية قليلة جداً من

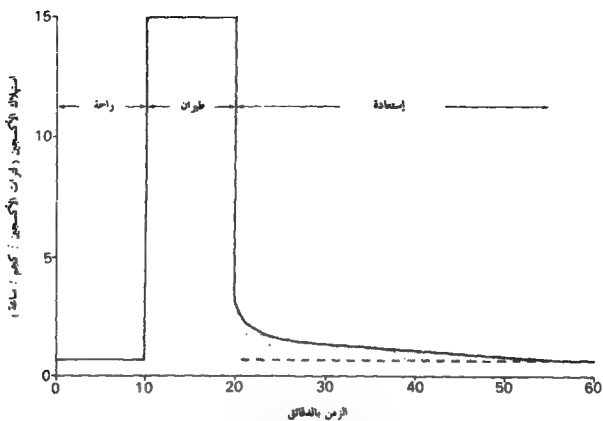
اللاكتات بسبب وجود إنزيم لكتيك دييدروجيناز (الإنزيم الذي يحفز إنتاج اللاكتات من البيروفات) بتركيز منخفض . وبالتالي فإن النواتج النهائية الأساسية لتحلل الجليكوجين هي البيروفات وألفا جليسروفوسفات ويكونان تقريباً بكميات متساوية إلى حد ما .



عند بداية التفاعل بالجليكوجين (كإداة منتجة للطاقة) ينتج عن تحلل هذه المادة جزيئان من ف. ٣. أ. ف لكل جزء جلوكوز مستعمل . ولكن عند البدء بالتريألوز أو الجلوكوز فإنهما يحتاجان إلى طاقة من ف. ٣. أ. ف في عملية الفسفرة الأولية وبالتالي لا توجد زيادة صافية في ف. ٣. أ. ف . مما تقدم يظهر أن تحليل الجليكوجين في عضلات الطيران لا يكون كفه بالمقارنة يمثل هذه العملية في الفقاريات وبالتالي فإن مسلك ألفا جليسروفوسفات في التنفس الهوائى لعضلات الطيران ذو أهمية كبيرة تفوق عملية تحليل الجليكوجين التي ينتج عنها عدم الكفاءة .

يوجد بالأنسجة الأخرى (عدا عضلات الطيران) إنزيم لكتيك دييدروجيناز الذى يؤدى إلى تكوين جزيئين من حمض اللاكتيك لكل جزء جلوكوز مستعمل مع زيادة صافية في الطاقة . ويحدث هذا النظام في الحشرات أو في الأنسجة التي يقل إمدادها بالأكسجين . وبالتالي توجد في عضلات الأرجل للبقعة المائية *Belostoma* وفي الرقعة المائية *Chironomus* ، كما توجد في عضلات الفخذ للنمطاطات التي تحتاج إلى كمية كبيرة من الطاقة عند الغفر في هذه العضلات التي تبعد عن الشقوق التنفسية وتزود بكمية قليلة نسبياً من الأكسجين (زيب ، ماك شان Zebe & McShan عام ١٩٥٧) .

عند حدوث التنفس اللاهوائى ، تتأكسد النواتج النهائية بمجرد أن يتاح وجود كمية كافية من الأكسجين مرة أخرى . ويُسمى الاحتياح الأكسجينى لعملية الأكسدة هذه باسم الدين الأكسجينى ويتضح هذا الدين يحدث بمعدل تنفس أعلى من العادى عند عودة الحشرة للتنفس الهوائى . خلال فترات توقف الحشرة عن الطيران يصل معدل استهلاك الأكسجين إلى معدل الراحة العادى لفترة قصيره . بينما تتأكسد نواتج تحلل الجليكوجين (تمويض دين الأكسجين) (شكل ٦-٢) .



شكل (٦-٧) استهلاك الأوكسجين في الجراد الصحراوي عند الراحة وأثناء الطيران ويوضح ارتفاع الاستهلاك أثناء الطيران ونقصانه عند الاستعادة (من كروف ، وبيس فوج Krogh & Wets - Fogh عام ١٩٥١) .

الفصل السابع

اللون

COLOUR

تلعب بعض المواد الملونة دوراً هاماً حيويّاً في العمليات الأيضية ، ويرتبط إنتاج هذه الملونات دائماً بعمليات أخرى في الجسم .

توجد عدة مجاميع من المواد الملونة وهي مسؤولة عن كثير من الألوان في الحشرات . أما معظم الألوان البيضاء والزرقاء والمعدنية فإنها تنتج عن التركيب الفيزيائي لسطح الجليد ولادخل المواد الملونة في تكوينها .

يحدث التغير العكسي في اللون لفترة قصيرة (الناتج عن حركة المواد الملونة) في قليل من الحشرات ، ولكن من الشائع حدوث تغيرات طويلة الأجل في اللون نتيجة ترسيب الحبيبات الملونة ، وتحدث الحالة الأخيرة عادة لتجانس وتمائل لون الحشرة مع لون البيئة المحيطة بها . وهنا يلاحظ أنه إذا اختلفت لون البيئة المحيطة بالحشرة وأصبح اللون الجديد ثابتاً يحدث اختلاف في لون الحشرة بما يتناسب مع لون البيئة الجديدة .

ويظهر لون كثير من الحشرات ليخفيها عن المفترسات التي تهدد حياتها ، ول بعض الحشرات الأخرى علامات على سطح الجسم لتخيف بها المفترسات ، أو يكون لها تلوين واضح يرتبط بمظهر كرهه حتى أن المفترسات عندما تتعرف عليها تهرب منها وتتحاشاها . أما أنواع الحشرات المختلفة التي يمكن أن تظهر نفسها بمظهر كرهه أو لا يمكنها ذلك فإنها قد تكون لها نفس تكوين الحشرات ذات المظهر الكرهية وبذلك تحمي نفسها من المفترسات حيث لا تفرق الأخيرة بينهما .

يعتبر اللون هنا في تمييز أفراد النوع الواحد وفي بعض الأحيان تُخزن النواتج الإخراجية على هيئة ملونات .

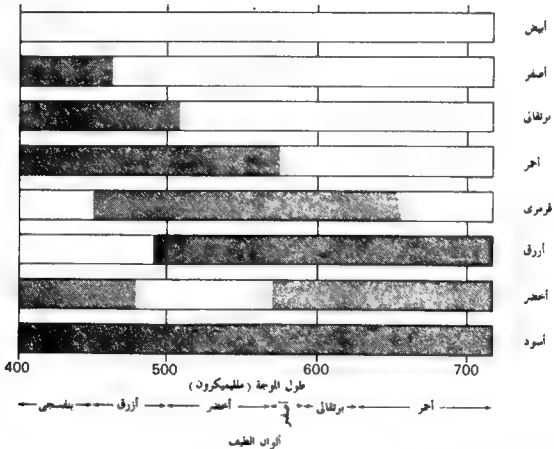
٧-١ طبيعة اللون The nature of colour

ينتج اللون من الضوء الأبيض عند التخلص من بعض أطوال الموجات فيه عن طريق الامتصاص عادة وباقي أطوال الموجات تنعكس أو تنفذ . ويُحدّد أطوال الموجات المنعكسة أو النافذة اللون الذي يُرى (شكل ٧-١) .

فإذا استكست جميع أطوال الموجات بالتساوى فإن السطح المعكس يظهر باللون الأبيض أما إذا امتصت جميع أطوال الموجات فإن اللون يصبح أسود .

يحدث الإنعكاس المختلف للضوء لإنتاج الألوان بطريقتين هما الألوان الفيزيائية والألوان الصعمية . قد تسبب الطبيعة الفيزيائية للسطح في إنعكاس بعض أطوال الموجات أو قد يتواجد على هذا السطح بعض المواد الملونة ، ونتيجة التركيب الجزيئي لهذه المواد فإنها تمتص بعض أطوال الموجات وتعكس الباقي والألوان الناتجة عن الطبيعة الفيزيائية للسطح تسمى الألوان الفيزيائية أو الألوان التركيبية . أما الألوان الناتجة عن وجود مواد ملونة على السطح فتسمى الألوان الصعمية .

الألوان الملحوظة



شكل (١-٧) إنتاج اللون بواسطة الخلص (امتصاص) من بعض أطوال الموجات من اللون الأبيض وتظهر أطوال الموجات الممتصة على الرسم مظلمة وأطوال الموجات المنعكسة بعباء (عن فوكس Fox عام ١٩٥٣)

٧-٢ ألوان الحشرات The colours of insects

نتج ألوان الحشرات من تراكيب وصبغات مختلفة يمكن تلخيصها فيما يأتي :

ينتج اللون الأسود والبني من سكاروتين وميلانين . تنتج الأفيئات لوناً أسود أو قرمزي داكن جداً في المن ، بينما الألوان القرمزية المتفرقة تنتج من التأثيرات المتداخلة في بعض ألى دقيقات .

ينتج اللون الأحمر عموماً من أشباه الكاروتين كما في الحشرات التابعة لعائلة *Coccinellidae* ، وقد ينتج من التيرينات (كما في ألى دقيق البرتقال) أو من الأموكرومات (كما في الرعاشات أو اللون القرنفل كما في الحشرات الكاملة غير الناضجة للجراد الصحراوي) . وتعتبر التيرينات والأموكرومات مسؤولة أيضاً عن ألوان العين . قد يرجع اللون الأحمر لبرقات الهاموش إلى وجود الميموجلولين . ويرجع اللون الأحمر في بعض الحشرات التابعة لعائلة *Coccidae* إلى صبغات الكوبون ، أما الألوان الحمراء البرتقالية والنحاسية لكثير من الخنافس فهي ألوان متداخلة .

ينتج اللون الأصفر من التيرينات (كما في بعض ألى دقيقات والحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة) ومن أشباه الكاروتين في الجراد من جنس *Locusta* . وتلون أشباه الكاروتين أيضاً بعض الإفرازات (مثل الحرير في دودة القز والشمع في نحل العسل) . والفلافونات قد تظهر باللون الأصفر وعادة مايم ذلك بمساعدة صبغات أخرى .

ينتج اللون الأخضر من خليط من صبغة صفراوية زرقاء واللون الأصفر لأشياء الكاروتين (كما في حشرة *Cerausius* ويرقات حرشفية الأجنحة) .

أما في الحشرات التابعة لعائلة *Pieridae* فإنه ينتج من تجاوز الحراشيف الصفراء مع الحراشيف السوداء . وقد تُنتج الصبغات الصفراوية وحدها اللون الأخضر كما في الحشرات الكاملة التابعة لعائلة *Chironomidae* . وتنتج التأثيرات المتداخلة الألوان الخضراء المعدنية للخنافس وللحشرات التابعة لعائلة *Zygaenidae* .

نتج الألوان الزرقاء من التداخل (كما في الحشرات التابعة لعائلة *Lycaenidae*) ولا تنتشر الصبغات الزرقاء عموماً في الحشرات ولكن في حشرة *Oedipoda coerulescens* من رتبة مستقيمة الأجنحة يوجد أحد أشباه الكاروتين الأزرق في الأجنحة .

ينتج اللون الأبيض أساساً من عملية التبعثر ، وأحياناً يرتبط بصبغة بيضاء مثل الليكوتين *Leucopterin* في الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة .

٧-٣ تغير اللون Change of colour

يحدث تغير اللون بطريقتين : إما بواسطة الحركة الفيزيائية للصبغة أو بإنتاج أو هدم الصبغة . ويُسمى تغير اللون بواسطة حركة الصبغة باسم التغير الفسيولوجي وهنا تحدث الاختلافات في اللون بسرعة . أما تغيرات اللون الناتجة عن أبيض الصبغات فإنها تُسمى التغيرات المورفولوجية وتحدث ببطء .

٧-٣-١ تغير اللون الفسيولوجي

لا تعتمد الحشرات على التغيرات الفسيولوجية للألوان ، ولكن وجد في حشرة *Cerausius* أن الأفراد الذين يظهرون باللون البني أثناء النهار يصبح لونهم أسود أثناء الليل ، ويرجع ذلك إلى حركة الصبغة الموجودة في خلايا البشرة . ونفس التغيرات التي ترجع لحركة الصبغة تحدث في النطاط الأسترالي *Kosciuscola* ولكن يحدث ذلك نتيجة استجابته للحرارة وليس للضوء (كى ، داي Key & Day ١٩٥٤ - أ) . فعندما ترتفع الحرارة عن ٢٥°م تصبح الذكور زرقاء اللون أما عند درجة حرارة أقل من ١٥°م فإن الذكور تكون سوداء ممتعة . ويتأثر لون الإناث بنفس التأثير ، ولكن التغيرات اللونية فيها تكون أقل حدة . تحت الظروف الطبيعية تكون النطاطات سوداء اللون أثناء الليل عند انخفاض درجة الحرارة ، أما في الأيام الصحوه فإنها تصبح باهتة بعد ساعتين أو ثلاث من شروق الشمس إذا ما ارتفعت درجة الحرارة . ثم تبدأ هذه الحشرات في الدكانة مرة أخرى بعد الظهر عندما يصبح الجو أكثر برودة . في هذه التغيرات تعمل خلايا البشرة كمؤثرات مستقلة حيث تستجيب مباشرة للتغير الخارجى ، بمعنى أنه لا يوجد في هذه الحالات تأثيرات عصبية أو هرمونية (كى ، داي Key & Day عام ١٩٥٤ - ب) . وهذه التغيرات وظيفة تنظيمية حرارية حيث تخلص الحشرات الداكنة أشعاعاً أكثر من الحشرات الفاتحة .

تحدث التغيرات الفيزيائية للألوان في مجموعة حشرات *Cassidinae* نتيجة ازعاج الحشرات . ويحدث ذلك في الحشرات التابعة لعائلة *Chrysididae* نتيجة تأثير درجات الرطوبة .

٧-٣-٢ تغير اللون المورفولوجي

قد تنتج تغيرات في كمية الصبغة بطرق مختلفة كثيرة وذلك كاستجابة لعوامل خارجية أو داخلية . فالألوان النطاطات مثلاً تشبه لون البيئة التي تعيش فيها وتُسمى الظاهرة باسم التماثل اللوني *Homochromy* ، وأى تغير في لون البيئة يؤدي إلى تغير في لون الحشرة ، ولذلك فإن حشرة *Acrida* (من رتبة مستقيمة الأجنحة) تتغير من اللون الأصفر إلى اللون الأخضر إذا وضعت على سطح مناسب (ذى لون أخضر) . ويحدث هذا التغير في اللون لبعض الأفراد خلال ثلاثة أيام ولكن معظم الأفراد يحتاجون إلى فترة أطول ليتغير لونهم . وتحدث مثل هذه التغيرات في لون جدار الجسم عند الانسلاخ فقط ولا تنطبق هذه القاعدة على الحشرات الداكنة حيث يحدث تغير في اللون في غياب عملية الانسلاخ . فالنطاطات السوداء اللون تظهر عادة بعد حرائق الأدغال كما يتغير لون بعض أفراد حشرة *Phorenum werneriana* من الرمادى إلى الأسود الفاحم في خلال يومين . ويحدث هذا التغير في الحشرات الكاملة حديثة الخروج والمُسنة عند تعرضها لضوء الشمس الساطعة . وعموماً يمكن القول إن الفرق بين سقوط الضوء وانعكاسه يعتبر عاملاً هاماً في هذا النوع من تغير اللون (أوفاروف Uvarov عام ١٩٦٦) . في حشرة *Mantis* (من رتبة الصراصير وفرس النى) يتحلل اليليفردى الأخضر في وجود كثافة ضوئية عالية مكوناً نواتج تظهر أولاً باللون البنى ثم تصبح بعد فترة عديمة اللون غالباً (باسما - فويلوم Passama - Vuillaume عام ١٩٦٥) . وتوجد اختلافات في ألوان حشرات أخرى والتي ترجع إلى تغير لون البيئة المحيطة . فمثلاً تظهر عذارى الحشرات التابعة لعائلة *Pieridae* باللون الداكن أو الباهت حسب لون البيئة المحيطة بها .

للحرارة أهمية في تكوين وظهور الصبغة . فمثلاً عندما يرى الجراد من جنس *Locusta* على درجة حرارة ٥٤٠م يظهر القليل جداً من الصبغات ، ويبدو الجسم بلون أصفر شاحب بقليل جداً من الصبغة الداكنة . وعندما ترقى هذه الحشرات على درجة حرارة منخفضة تصبح أكثر دكانة وتزداد درجات الدكانه تدريجياً حتى أنه عند تربية الحوريات على درجة حرارة ٥٢٦م فإنها تصبح سوداء مع بعض الصبغات القليلة الصفراء (جودوين Goodwin عام ١٩٥٢) . وتحدث نفس التغيرات في الحشرات التابعة لرتبة حرشقية الأجنحة وفي حشرات أخرى .

يؤثر التزاوج على لون بعض الحشرات . فحوريات الجراد التي ترى منعزلة تصبح خضراء ، بينما عند تربيتها متزاوجة يصبح لونها أصفر وأسود . ويتغير اللون حسب تغير درجة التزاوج (ستور Storer عام ١٩٥٩) . وتظهر يرقات بعض الحشرات التابعة لرتبة حرشقية الأجنحة (مثل حشرة *Plusia*) تغيرات مقارنة بحدوث بعضها أثناء العمر اليرقي ولكن معظم التغيرات تحدث أثناء الإنسلاخ فقط (لونج Long عام ١٩٥٣) .

تحدث تغيرات كثيرة في اللون أثناء نمو وتطور الحشرة واهدف من هذه التغيرات غير معروفة . فاليرقة الحديثة لحشرة *Papilio demodocus* (من رتبة حرشقية الأجنحة) تظهر باللون البني مع وجود شريط أبيض عند المركز ، أما اليرقة النامية النمو فيكون لونها أخضر بعلامات قرمزية وشريط أبيض جانبي . تقع هذه التغيرات (على الأقل) تحت سيطرة التحكم الهرموني قبيل الدخول في طور العنقاء فإن يرقة *Cerura* (من حرشقية الأجنحة) تتحول من اللون الأخضر إلى الأحمر ويتحكم في هذا التغير في اللون هرمون الانسلاخ .

يرتبط عادة التغير في اللون بالعمر والنضج ، فقد وجد أن ذكر الجراد الصحراوي يتغير لونه من القرنفل إلى الأصفر عندما ينضج جنسياً كما لوحظ في حشرة *Mesopsis* (من رتبة مستقيمة الأجنحة) تكون لطة سوداء على الأجنحة الخلفية ببطء خلال فترة تصل إلى حوالي ستة شهور ، وهذه من الممكن أن ترتبط بنضج الحشرة الكاملة (بورت ، أوفاروف Burtt & Uvarov عام ١٩٤٤) . كما تنمو لطة داكنة على أجنحة ذكور العراش *Brachythemis* *leucosticta* عند نضجها جنسياً .

٧-٣-٣ تغير اللون الموسمي

في بعض الحشرات تحدث تغيرات في لون الحشرات بين الأجيال المتعاقبة ويرتبط ذلك بالتغيرات الموسمية التي تحدث في البيئة ، ويظهر ذلك بوضوح في بعض أجيال الأفيقية مثل *Precis octavia* حيث تظهر باللون الأحمر الطوي في الموسم الرطب وباللون الأزرق البنفسجي في الموسم الجاف . وفي المناطق المعتدلة تظهر عادة اختلافات نونية بين أجيال أجيال أجيال الأفيقية ، أما في حشرة *Arachnia levana* فيكون الاختلاف محدوداً جداً . وتختلف عملية التطور باختلاف الموسم حيث تعتمد على طول الفترة الضوئية اليومية التي ترى عليها الحشرة . فاليرقات التي ترى تحت ظروف اليوم القصير تُنتج عذارى ساكنة ويخرج من الأخيرة حشرات كاملة ذات شكل ربيعي ، أما اليرقات التي ترى تحت ظروف اليوم الطويل فإن عذاريتها لا تدخل في السكون وتخرج من العذارى حشرات كاملة ذات شكل صيفي (مولر Muller عام ١٩٥٥) .

٧-٤ أهمية اللون Significance of colour

من المحتمل أن يكون للصبغات في الحشرات بعض الأهمية الأفضية ولكن بالإضافة إلى ذلك فإن الألوان التي تنتجها لها أهمية في علاقات الحشرة بالحيوانات الأخرى ، حيث يستعمل اللون كدفاع ضد المفترسات من الحيوانات الفقارية ، كما قد يكون له أهمية أيضا في تمييز أفراد النوع الواحد من الحشرات .

تعتبر الألوان من الصفات التمييزية الهامة بالنسبة لحاسة الرؤية في الإنسان ولكن بالنسبة لمجاميع الحيوانات الأخرى قد تختلف أهميتها ودرجة ظهورها . فمثلا يظهر أبو دفتي الكبيرى *Brimstone* لنا باللون الأصفر المتجانس ولكن في الواقع تظهر علامات على الجناح الأمامى يمكن للإنسان رؤيتها في الصورة المأخوذة على فيلم حساس للأشعة فوق البنفسجية (نيكروتينكو Nekrutenko عام ١٩٦٥) . تظهر بعض الحشرات على الأقل حساسية للأشعة فوق البنفسجية ولذلك فإن ظهور هذا النوع من أبى دفتي لها يختلف عن ظهوره للإنسان . وقد وجد أن الطيور ومن المحتمل السحالي أيضا تكون أقل حساسية للضوء ذى طول الموجة القصير وأكثر حساسية للموجات الضوئية الطويلة ، بينما يعتقد أن الثدييات آكلة الحشرات مصابة بمعنى الألوان (وولز Walls عام ١٩٤٢) ، وهذا يعنى عدم قدرة هذه الحيوانات على التمييز بين الموجات الضوئية ذات الأطوال المختلفة ولكن لايدل ذلك على مدى الموجات الضوئية التي تكون فيه هذه الحيوانات حساسة للرؤية .

٧-٤-١ الاختفاء من المفترسات

يساعد اللون عادة على اختفاء الحشرة من مفترساتها (كوت Cott عام ١٩٥٧) ويتج ذلك ببساطة من التشابه العام في اللون بين الحشرة والبيئة المحيطة بها (التماثل اللوني) كما في انطاطات التي يصبح لونها أسود على الأرض السوداء أو المحترقة ويصبح لونها أخضر على الحشائش الطازجة . وإذا أعطيت هذه الحشرات الفرصة فإنها تقدر على اختيار البيئة المناسبة للونها . ففي تجربة أجريت على حشرة *Biston betularia* وجد أن هذا السلوك يعطى الحشرة بعض الوقاية من مفترساتها . وعادة مايرتبط التماثل اللوني ببعض أشكال الجسم المناسبة والسلوك المناسب للحشرة .

يمكن الوقاية أيضا باختفاء الظل . فالأجسام يمكن أن تبدو واضحة بواسطة كثافات ضوئية مختلفة تنعكس على هذه الأجسام . وعادة ما يظهر الجسم الصلب أكثر إضاءة على جانبه العلوى ومعنا من الناحية السفلية نتيجة تأثير الظل (شكل ٧-٢ أ) ، ولكن بالتلوين المناسب يخفى هذا التأثير . ويمكن للجسم أن يُظلل بنفس الطريقة (شكل ٧-٢ ب) . وعندما ترمى في الظروف الضوئية العادية فإن جميع أجزاء الجسم تعكس نفس كمية الضوء وبالتالي يفقد هذا الجسم مظهره الجامد . وهذا التظليل العكسي معروف جيدا في يراقات حرشفة الأجنحة حيث يكون الجانب المواجه للضوء ذو صبغة كثيفة والجانب الآخر الموجود في الظل محتوى على كمية صبغة أقل . ولتحاح هذه الظاهرة يجب أن ترتبط عملية الصبغ مع السلوك المناسب من جانب الحشرة .

٧-٤-٢ التكر البيئي

تتعلم المفترسات كيف تتعد عن الحشرات الكريمة لنفسها عن طريق التمييز ، ولكن من الناحية النظرية يجب على المفترس أن يتعلم كيف يتعد عن كل نوع من الحشرات البيضاء على حدة فإذا كان لون بعض الأنواع من الحشرات متشابه فإن المفترس لا يمكنه الامتناع عن نوع معين والاقتراب من نوع آخر لتشابه الألوان . وتماثل نوع معين من الحشرات في اللون مع نوع آخر يُسمى بالتكر البيئي حيث يكون أحد الأنواع كريباً على نفس المفترس بينما يكون الآخر مقبولاً ومرغوباً في افتراسه ، ويسمى النوع الكريمة باسم النموذج أما النوع المشابه له فيسمى المتكرر .

ومن الأمثلة الهامة المعروفة هو ظاهرة تعدد الأشكال الوراثية حيث يكون لأنثى حشرة *Pepilio dardanus* (من رتبة حرشفية الأجنحة) عدد كبير من الأشكال التنكرية ويظهر لنا سلسلة من الأشكال التنكرية في ألى دقائق (كاربنتر ، فورد Carpenter & Ford عام ١٩٣٣ ؛ راتنهايم Rettenmeyer عام ١٩٧٠) .

القسم الثاني

الصدر والحركة

The thorax and movement

الفصل الثامن

الصدر والأرجل

THE THORAX AND LEGS

من المحتمل أن يكون نظام الستة أرجل الموجود بالحشرات قد اشتق من نظام الحيوانات عديدة الأرجل Myriapoda . ووجود الأرجل الطويلة يسهل عملية الجرى السريع ويلزم اختزال عدد الأرجل لرفع الكفاءة الوظيفية . فا . ويعتبر العدد ستة .. هو أقل عدد من الأرجل الذي يعطى ثباتاً مستمراً خلال الحركة على سرعات مختلفة . وتحتاج الكفاءة الآلية إلى وجود هذه الأرجل قريبة من بعضها خلف الرأس . ومن المعتقد أن نتيجة هذه الاحتياجات الآلية والوظيفية يتطور الصدر في الحشرة (انظر مانتون Manton عام ١٩٥٣) .

مستقلاً عما سبق ، نمو الأجنحة على الصدر يُفَضَّلُ وبالتالي يصبح الصدر هو مركز الحركة في الحشرة حيث يتحرك هيكل حلقات الصدر ليصبح دعامة كفء للأرجل والأجنحة ، كما تتكيف عضلات الصدر لتنتج حركة هذه الزوائد . كما تتكيف الأرجل نفسها (ابتداء من رجل المشي النموذجية) لتؤدي وظائف مختلفة وذلك بتحوراتها المناسبة في الشكل .

٨-١ التقسيم Segmentation

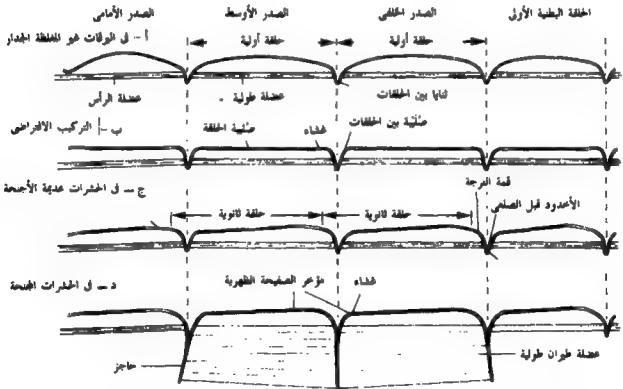
في يرقات الحشرات كاملة التطور يكون الجليد ناعماً ومرناً وقابل للثني أو يكون متصلباً في بعض أجزائه فقط . وترتبط العضلات الطولية بالثنايا الموجودة بين حلقات الجسم (شكل ٨-١) . ويظهر ذلك في النظام البدائي الذي يمكن مقارنته بما يحدث في الديدان الحلقية Annelida ، وتعتبر الحلقات المحددة بالثنايا بين الحلقية حلقات أولية . تتحرك الحشرات التي تُنْضَر هذا الترتيب نتيجة التغيرات المنوية في أشكال حلقات الصدر والبطن . ويسمح الجليد المرن والقابل للثني بحدوث هذه التغيرات في الشكل .

عندما يتصلب الجليد فإن الترتيب الأساسي يظهر على هيئة صفائح ظهرية وبطنية مرتبطة بتراكيب دعامية جامدة متصلبة والتي تشكل ثنايا بين حلقاته تتصل بها العضلات الطولية (شكل ٨ - ١ ب) . ومن الواضح أن مثل هذا الترتيب يسمح بحركة بسيطة جداً حيث تصبح التراكيب الجامدة المتصلة بين الحلقات متحركة مع صفائح

الحلقة التالية . وتسمى الصفيحة الكبرى الموجودة على السطح الظهري للحلقة باسم الترجة أو تسمى في الصدر الصفيحة الظهرية أو التوعم Notum ويسمى تجويف بين الحلقي باسم الأخدود قبل الضلعي Antecostal Sulcus وتسمى أخافة الضيقة الواقعة أمام الأخدود باسم قمة الترجة Acroergite (شكل ٨ - ج) . ولاتوجد قمة الترجة أبداً أمام حلقة الصدر الأمامى لأن الجزء الأمامى لهذه الحلقة يتداخل من الرقبة وبالتالي تمر العضلات من الرأس مباشرة إلى قمة الترجة الخاصة بالحلقة الصدرية الوسطى .

توجد مساحة خلف كل حلقة وهذه المساحة تظل غشائية وهي تشكل العشاء بين الحلقي الجديد ، وهذا لا يناصر التجويف بين الحلقي الأصلي وبالتالي فإن الحلقة الثانوية تتراكب على الحلقة الأولى (التي قبلها) ، وبالتالي فإن التعقيل المرنى في الحشرات تكاملة هو هذا التعقيل الثانوى Secondary Segmentation وهذا التعقيل لا يناصر التعقيل المرنى (سودجراڤ Snodgrass عام ١٩٣٥) .

يحدث هذا النظام الأساسي في الطن حيث يزود بصفائح صلبة وفي الحلقتين الصدريتين الوسطى والحلقة للدرقات انتى يزود الصدر فيها بصفائح صلبة وفي الحشرات عبر المنحثة وفي الحشرات الكاملة التابعة لرتبة الصراصير وفرس النسي والتي فيها لا تتحرك الأجنحة بواسطة العضلات غير المباشرة . بهذا الترتيب تنتج انقباضات العضلات الطولية المحركات التلصكوية للحلقات .



(شكل ٨- ١) رسوم تخطيطية تبين التغيرات في الصقل وانضغاط مؤخر الصفيحة الظهرية في الصدر والمخرج في الحشرات المجدعة . وتظهر المساحات المتصلة بخطوط سوداء سميكة بينما تظهر المساحات الغشائية بخطوط رفيعة مزدوجة .

٨-٢ الصدر The thorax

يتكون الصدر من ثلاث حلقات تُعرف على الترتيب باسم الصدر الأمامي والصدر الأوسط والصدر الخلفي . في معظم الحشرات يخرج من كل حلقة صدرية زوج من الأرجل ولكن لا ينطبق ذلك على البرقات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة وبرقات غشائية الأجنحة التابعة لـ Apocrita وبعض برقات غمدية الأجنحة وعدد قليل من الحشرات الكاملة التي تكون عديمة الأرجل Apodous . بالإضافة إلى ذلك فإن للحشرات أجنحة زوج من الأجنحة على الحلقة الصدرية الوسطى وزوج آخر على الحلقة الصدرية الخلفية وهاتان الحلقةتان تعرفان باسم الصدر المجنح Pierothorax .

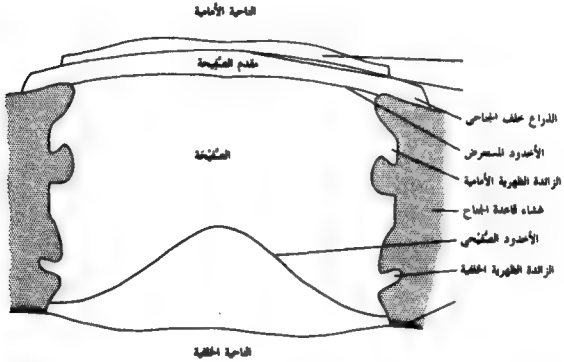
٨-٢-١ الترجمة

تُعرف ترجمة الحلقة الصدرية الأمامية باسم الصفيحة الظهرية الأمامية Pronotum وتكون غالبا صغيرة لأنها تستخدم فقط في ارتباط عضلات الرُّجل . ولكنها في الحشرات التابعة لرتبتي الصراصير وفرس النسي ، وغمدية الأجنحة تظهر على هيئة صفيحة كبيرة تعمل على الحماية الجزئية للحلقى الصدر المجنح أما ترجمتي الحلقة الصدريتين الوسطى والخلفية فتكونا صغريتين نسبيا في الحشرات عديمة الأجنحة وفي البرقات ، ولكن في الحشرات المجنحة فإنهما تصبجان متحورتين لاتصال الأجنحة بهما .

في معظم الحشرات المجنحة ، تعتمد الحركة السفلية للأجنحة على إنغراف الصدر لأعلى . ويمكن حدوث ذلك بتعديل أساسي للحلقات . تمتد قمة ترجمة الحلقة الصدرية الخلفية وقمة ترجمة الحلقة البطنية الأولى للأمام لتربط ترجمة الحلقة من الأمام ، وفي كثير من الحالات تصبح منفصلة ثانوياً من الخنقة الأصلية بواسطة مقلقة غشائية ضيقة وهنا تعرف كل قمة ترجمة والأخدود قبل الضنفي باسم مؤخر الصفيحة الظهرية Post notum (شكل ٨-١١) . وبالتالي يمكن أن يوجد مؤخر الصفيحة الظهرية الوسطى Mesopostnotum ومؤخر الصفيحة الظهرية الخلفى Metapostnotum إذا كانت الأجنحة متساوية تقريبا في نشاط الطيران . أما إذا كانت الأجنحة الخلفية فقط هي الهامة في الطيران كما في الحشرات التابعة لرتبتي مستقيمة وغمدية الأجنحة فإن مؤخر الصفيحة الظهرية الخلفى هو الذى يظهر بدرجة متطورة فقط . ومن ناحية أخرى تستعمل الحشرات الكاملة التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة الأجنحة الأمامية فقط في الطيران وذلك فإن مؤخر الصفيحة الظهرية الوسطى هو الذى يظهر بوضوح بينما يختفى مؤخر الصفيحة الظهرية الخلفى . لتدعيم إتصال العضلات الطولية الكبيرة الحركة للأجنحة تتطور عادة التواءات قبل الضلعية من أمام ومن خلف الحلقة الصدرية الوسطى ومن خلف الحلقة الصدرية الخلفية إلى صفائح داخلية منتشرة تسمى الحواجز Phragmata (شكل ٨-١٢ ، ٨-١٣) ويعتمد تطور الحواجز على أهمية الأجنحة في طيران الحشرة ؛ فكلما زادت أهمية الأجنحة في الطيران كلما زاد تطور الحواجز .

تنمو نتوءات قوية على ترجمة الحلقة التي تحمل أجنحة ، وتعتبر هذه النتوءات تكيفات موضعية للضغوط الآلية التي تُفرض على الترجمة بواسطة الأجنحة وعضلاتها . تظهر النتوءات من الخارج كأخاديد تعمل على تقسيم الصفيحة الظهرية notum إلى مساحات . عادة يقسم الأخدود المستعرض الصفيحة الظهرية إلى مقدم الصفيحة الأمامى Anterior Prescutum والصفيحة Scutum ، بينما يفصل الأخدود الذى يوجد على شكل حرف (٧) الصفيحة Scutellum من الناحية الخلفية (شكل ٨-٢) . وعادة تظهر هذه المساحات بمحدودها الواضحة ولكن بسبب

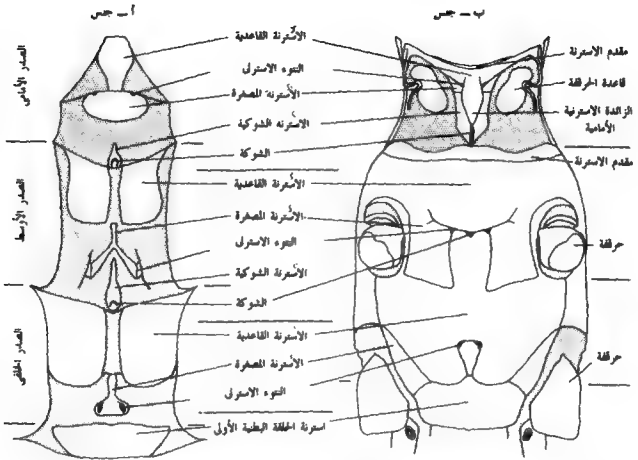
منشأهم كوحداث وظيفية فإن الصفائح ذات الاسم الواحد في الحشرات المختلفة لا تكون متجانسة بالضرورة . بالإضافة إلى ذلك فإن المناطق الجانبية من الصفيحة Scutum قد تنفصل بواسطة الأبعاد الطولى الوسطى . وعادة يرتبط مقدم الصفيحة Prescutum بششاء البلورا بواسطة امتداد (هو الذراع أمام الجناحى Prealar) من أمام الجناح ، بينما خلف الجناح يرتبط الذراع خلف الجناحى (Postalar arm) بمؤخر الصفيحة الظهرية Postnotum مع الإيمرون Epimeron . من الناحية الجانبية تمتد الصفيحة في زائدتين هما الزائدة الظهرية الأمامية والزائدة الظهرية الخلفية وتمتصّل الزائدتان مع الصّليّبات الإبطية Axillary sclerites في قاعدة الجناح ، وتستمرّ ثنية الخلفية للصفيحة scutellum كحبل أبلى على طول الحافة المتدلية للجناح .



(شكل ٨-٢) رسم تخطيطى بين التراكيب الأساسية للصفيحة الظهرية (الورم) حلقة صدرية تحمل جناح (عن سودجراس Snodgrass عام ١٩٣٥) .

٨-٢-٤ الإسترنة

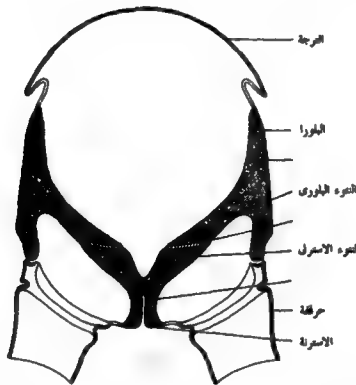
كما على السطح الظهري ، تفصل التصلبات الأولية الصفائح الحلقية والصفائح بين الحلقية . وفي الصدر يظل هذا الانفصال موجودا . تمتد الصّليّة بين حلقة للداخل في شوكة تسمى الإسترنة الشوكية Spinacernum بينما تسمى الصّليّة الحلقية باسم الإسترنة الحقيقية Easternum (شكل ٨ - ٦) . تحدث درجات مختلفة من الالتحام وبالتالي توجد أربعة نظم مختلفة :



(شكل ٨-٣) منظر جانبي للصدر (أ) حشرة من جنس *Blatta* (ثنية الصراصير وفرس النسي)، (ب) حشرة من جنس *Nomadacris* (ثنية مسطحة الأجنحة). - عن سنودجراس Snodgrass عام ١٩٣٥، ألبريخت Albrecht عام ١٩٥٦.

- أ - كل المكونات منفصلة - الأسترنة الحقيقية للصدر الأمامي، الشوكة الأولى، الأسترنة الحقيقية للصدر الأوسط، الشوكة الثانية الأسترنة الحقيقية للصدر الخلفي (انظر شكل ٨-٣ أ، ولاحظ في الشكل التخطيطي أن الأسترنة الحقيقية تنقسم إلى الأسترنة القاعدية Basisternum والأسترنة المصغرة Sternelthum).
- ب - تلتحم الأسترنة الحقيقية للصدر الأوسط والشوكة الثانية أما باقي المكونات فتظل منفصلة.
- ج - تلتحم أيضا الأسترنة الحقيقية للصدر الأمامي والشوكة الأولى وبذلك يوجد ثلاثة مكونات رئيسية: الأسترنة الأمامية Prosternum المركبة، والأسترنة الوسطى المركبة، والأسترنة الحقيقية للصدر الخلفي.
- د - إتحام كامل لمكونات الصدر الأوسط والصدر الخلفي ليكوّنا الصفيحة الصدرية المجنحة (شكل ٨-٣ ب).

يخرج من الاسترنة الحقيقية زوج من التوتوات ويسمى كل منها التواء الاسترني (شكل ٨ - ٦) . ويمكن تحديد منشأ هذه التوتوات على الاسترنة بحفر مرتبطة بواسطة أخدود (شكل ٨ ب) وبذلك تنقسم الاسترنة الحقيقية إلى الاسترنة القاعدية والاسترنة المصغرة ، بينما في الحشرات الأكثر رقباً يلتحم التوتوان مع بعضهما في الخط الوسطى ويفصلهما عن بعضهما من الداخل فقط تركيب ذو شكل حرف Y . من الناحية البعيدة يرتبط التوتوان بالنهايات الداخلية بقسم البلورا وعادة مايم هذا الارتباط بواسطة عضلات قصيرة ، يعطى للصدر صلابة بينما اختلاف درجة انقباض العضلات يجعل هذه الصلابة متباعدة ومُتَحَكِّم فيها . التوتوات الاسترنية أيضا تربط مجموعة العضلات الطولية البطنية ولو أنه يوجد قليل من الألياف العضلية التي على وضعها البدائي مرتبطة بالمنطقة بين الحلقية مع الاسترنات الشوكية (شكل ٨ - ٦) .



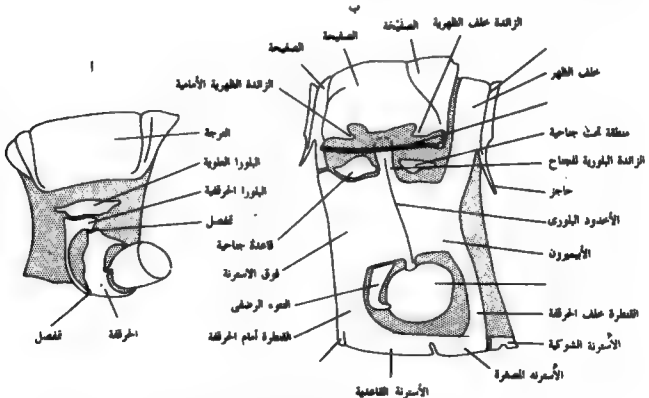
(شكل ٨-٩) رسم لتخطيطي بين قطاع عرضي ل حالة صدرية وتظهر فيها الحواف البلورية والتواء الاسترني

بعض الحشرات لها أخدود طولي يبرز داخلى ويسمى هذا البروز على طول الخط الوسطى للاسترنة . في البعض يلاحظ أن الاسترنة البدائية تصبح كلها منبعجة وأن الاسترنة الظاهرة في هذه الحشرات هي في الحقيقة مكونات تحت الحرقه Subcoxal (انظر ماتسودا Matsuda عام ١٩٦٣) . ويُعرف الأخدود الطولي بالميز .

ترتبط الأسترنة بالبلورا بواسطة القنطرة أمام الحرقفة Precoxal والقنطرة خلف الحرقفة Postcoxal . ولا تختلف إسترنة الحلقات الصدرية المنحثة كثيراً عن أسترنة الحلقة الصدرية الأمامية ولكن عادة تكون الأسترنة القاعدية أكبر لتعمل على إرتباط عضلات الطران الظهرية البطنية الكبيرة .

٨-٢-٣ البلورا (الجذب)

تكون مناطق البلورا غشائية في كثير من يرقات الحشرات ، ولكنها من الناحية الهوائية تصبح متصلة في الحشرة الكاملة . ومن المحتمل أن يوجد أساسا ثلاث صلبيات بلورية ، واحدة بطنية واثنان ظهريتان . ويعتقد من ناحية المنشأ أن هذه الصلبيات تشتق من الحرقفة (سنودجراس Snodgrass عام ١٩٥٨) . تسمى الصلبة البطنية باسم البلورا الأسترنية Sternopleurite وهي تتمفصل مع الحرقفة وتصبح ملتصقة مع الأسترنة لدرجة أنها تصبح جزءاً مكمل لها . أما الصليبتان الظهريتان فيقسمان البلورا العلوية anapleurite والبلورا الحرقفية Coxopleurite وتوجدان كصليبتان منفصلتان في الحشرات عديمة الأجنحة وفي الصدر الأمامي لليرقات التابعة لرتبة Plecoptera (شكل ٨ - ١٥) ، وفي حشرات أخرى يحدث الالتحام لتتكون البلورا ، ولكن البلورا الحرقفية (التي تتمفصل مع الحرقفة) تظل منفصلة جزئياً في رتب الحشرات المنحثة الدنيا مكونة النتوء الرضفي Trochantin الذي يعتبر انفصل الثاني البطنى مع الحرقفة (شكل ٨ - ١٥ ب) .



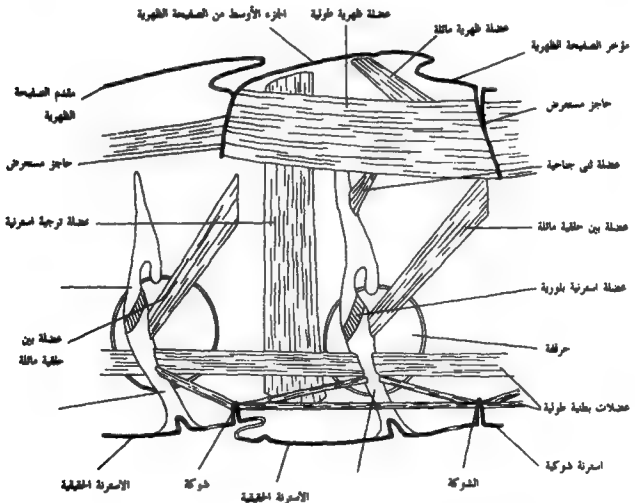
(شكل ٨ - ١٥) أ - منظر جانبي للحلقة الصدرية الأمامية في حشرة *Perla* (من رتبة Plecoptera) .

ب - رسم تعطيقي بين منظر جانبي لحلقة قروضية صدرية تحمل أجنحة (من سنودجراس Snodgrass عام ١٩٣٥) .

أعلى الحرقفة يوجد البروز البلوري الذي يعرف من الخارج بواسطة الأضلاع البلورية pleural ويقسم الأضلاع الأخرى البلورية إلى فوق الاسترنة الأمامية Anterior episternum والإيمرون Epimeron الخلفي . ويكون البروز البلوري نامياً بدرجة كبيرة وخاصة في الحلققات التي تحمل أجنته حيث يستمر من الناحية الظهرية إلى أن يصل في الزائدة البلورية الجناحية التي تتفصل مع الصليبة الأبطية الثانية في قاعدة الجناح (شكل 8-5) .

أمام الزائدة البلورية في الغشاء عند قاعدة الجناح توجد صليّية قاعدية أو صليّتان قاعديتان وتكون الصليّية أو الصليّيتان منفصلتين عن فوق الأسترنة ، بينما يوجد خلف الزائدة البلورية صليّية محددة بدرجة واضحة وتسمى الصليّية تحت الجناحية subalar sclerite . وتغمس العضلات المتعلقة بحركة الأجنحة في هذه الصليّيات .

من الناحية التثودجية ، يوجد زوجان من الثغور التنفسية على الصدر ويقعان في منطقة البلورا يرتبطان بالحلقيتين الصدريتين الوسطى والخلفية .



(شكل ٨-٦) المصلات الأساسية (بمختلف عضلات الأرجل) التي توجد في الحلقة الصدرية الوسطى في حشرة مجمدة (عن Snodgrass عام ١٩٣٥).

يحتل عادة الثغر التنفسي الخاص بالحلقة الصدرية الوسطى مكانا يقع على الحافة الخلفية للبلورا الأمامية Propleuron بينما يتحرك الثغر التنفسي الخاص بالحلقة الصدرية الخلفية في اتجاه الحلقة الصدرية الوسطى ويكون أصغر حجما . أما الحشرات التابعة لـ Diptera فإنها تستثنى من القاعدة السابقة حيث يوجد عليها ثلاثة أو أربعة أزواج من الثغور التنفسية الصدرية ، فمثلا في حشرة *Heterojapyx* يوجد زوجان من الثغور التنفسية على الحلقة الصدرية الوسطى ، وزوجان من الثغور التنفسية على الحلقة الصدرية الخلفية .

٨-٢-٤ عضلات الصدر

تسير العضلات الطولية للصدر (كما هو الحال في البطن) من التواء قبل الحرقفي إلى التواء التالي . وعادة يكون نمو هذه العضلات ضعيفا في الرقات المتصلة وفي الحشرات الكاملة للزعاشات ، والحشرات التابعة لرتبة الصراصير وفرس النوى حيث يوجد بهذه الحشرات عضلات خافضة للجناح مباشرة . كما يكون نمو هذه العضلات ضعيفا في مجاميع الحشرات التابعة لرتبة Siphonoptera . في جميع الحالات السابقة تعمل هذه العضلات على تداعل حلقة من حلقات الجسم في الحلقة التي تليها على هيئة حركة تلسكوبية ، بينما تدير العضلات الجانبية الحلقات الواحدة بالنسبة للأخرى . في الحشرات غير المتصلة يسبب انقباض العضلات تضيق الحلقة .

في معظم الحشرات المجنحة تعتبر العضلات الطولية الظهرية العضلات الأساسية الخافضة للجناح وتكون نامية بدرجة قوية جدا (شكل ٨ - ٦) وتسير من حاجز مستعرض إلى الحاجز الذي يليه ولذلك فإن انقباضها يغير من شكل الحلقة . تسير العضلات الطولية البطنية أساسا من تواء أسترى إلى التواء الذي يليه في الحشرات الكاملة منتجا بعض التداخل التلسكوبي البطني لحلقات الصدر .

تسير العضلات الظهرية البطنية من الترجة إلى البلورا أو إلى الأسترنة وتخصص مبدئيا بدوران أو انضغاط الحلقة ولكن في الحشرات المجنحة تعتبر عضلات طيران هامة . في الرقات توجد عضلة بين حلقتي مائلة وتسير هذه العضلة من التواء الأسترى إلى الحافة الأمامية للترجة التالية أو للبلورا التالية ، أما في الحشرات الكاملة فتوجد عادة هذه العضلة بين حلقة الصدر الأمامية والحلقة الوسطى فقط .

تتعلق باقي عضلات الصدر الهامة بحركة الأرجل وسوف نذكر في حينها .

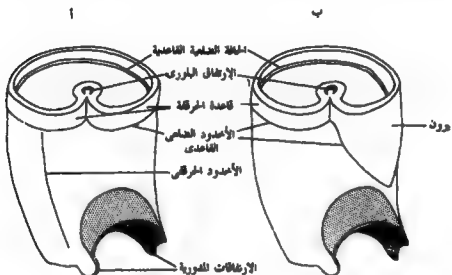
٨-٣ الأرجل Legs

٨-٣-١ التركيب الأساسي

باستثناء الرقات عديمة الأرجل وقليل من الحشرات الكاملة ، تمتلك جميع الحشرات ثلاثة أزواج من الأرجل ، زوج واحد على كل حلقة من حلقات الصدر . من الناحية الموضعية تتكون الرجل من ستة حلقات أساسية تتمفصل الواحدة مع الأخرى بتجويفات مفصليّة أحادية أو ثنائية تردق في غشاء يسمى الأدمة Corium . أما الست حلقات التي يتكون منها الرجل فهي الحرقفة Caxa واليمتور Trochanter والفخذ Femur والساق Tibia والرسغ Tarsus ومقدم الرسغ Pretarsus (شكل ٨ - ١٧) .

112

يَقْوَى جزء الحرقفة الذى يحمل المفصلات غالبا بواسطة نتوء يمكن أن يستدل عليه من الناحية الخارجية بالأخدود الضلعي القاعدى Basicostal الذى يفصل الجزء القاعدى للحرقفة ويحدده (شكل ٨ - ١٩) . وينقسم الجزء القاعدى للحرقفة إلى جزئين (الأمامى والخلفى) بواسطة نتوء يَقْوَى المفصل . ويسمى الجزء الخلفى باسم المرون Meron ، وتكون كبيرة جدا في الحشرات التابعة لرتبتي شبكية وحرشفية الأجنحة وفي الحشرات التابعة لرتبتي Trichoptera ، Mecoptera (شكل ٨ - ٩ب) ، بينما تصبح في الحشرات العليا التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة منفصلة عن الحرقفة وتشكل جزءاً من جدار الصدر .

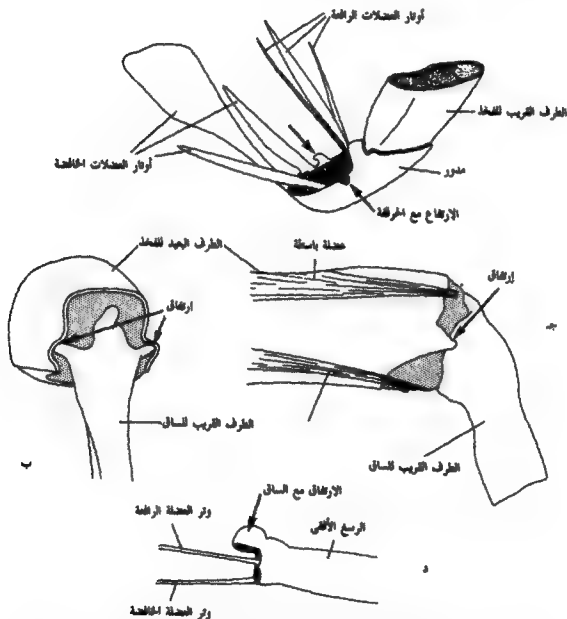


(شكل ٨-٩) منظر خارجي أ - حرقفة نموذجية لغفرة ، ب - حرقفة ذات مرون ضخمة (عن سودهجرس ١٩٣٥)

المُذَوَّر هو حلقة صغيرة له مفصل ثنائي التواءات مع الحرقفة ولذلك فإن المذوَّر يمكنه أن يتحرك حركة عمودية فقط (شكل ٨ - ١٠) . في الرعاشات يوجد مذوَّران وتظهر هذه الحالة أيضا في الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة ولكن في هذه الحالة الأخيرة يُلاحظ أن المذوَّر الثاني الظاهر يكون في الحقيقة جزءاً من الفخذ . يكون الفخذ في الرقات صغيراً عادة ، ولكن في معظم الحشرات الكاملة يكون هو أكبر وأقوى وأقوى وأقوى من أجزاء الرجل . ويكون الفخذ عادة مثبت تقريباً في المذوَّر وفي هذه الحالة لا توجد عضلات لتتحرك . ولكن في بعض الأحيان توجد عضلة واحدة متصلة بالمذوَّر ويكون لها القدرة على إنتاج حركة خلفية بسيطة أو انكماش بسيط للفخذ .

الساق هي الجزء الطويل في الرجل وتتم فصل مع الفخذ برباط ذى نتوين ولذلك فهي تتحرك في الاتجاه الرأسى أو العمودى (شكل ٧٠ - ١٠ب ، ٨ - ج) . في معظم الحشرات يكون رأسى الساق منحنيًا ولذلك يمكن للساق أن ينثنى للخلف عكس الفخذ (شكل ٨ - ٧) .

في الحشرات التابعة لرتبة ذوات الذنب الشعري وبعض الحشرات التابعة لرتبة ذوات الذنب القافز ويرقات الحشرات كاملة التطور ويكون الرسغ بسيطاً (شكل ٨ - ١١) أو قد يلتحم الساق . في معظم الحشرات ينقسم الرسغ إلى أجزاء (حلقات) تتراوح ما بين اثنين إلى خمسة حلقات . وتختلف هذه الحلقات عن الحلقات الحقيقية في كونها خالية من العضلات ، وتتم فصل العقلة القاعدية (عقلة الرسغ الخلفي) مع النهاية البعيدة للساق بواسطة نتوء مفصلي مفرد (شكل ٨ - ١٠ د) ولكن بين عقل الرسغ وبعضها لا توجد تمفصلات ولكنها ترتبط مع بعضها بواسطة غشاء مرن قابل للثني وبالتالي فهي حرة الحركة . تخرج العضلات الرافعة والمخافضة للرسغ من الساق وتنغمس في النهاية القريبة من عقلة الرسغ الخلفي .

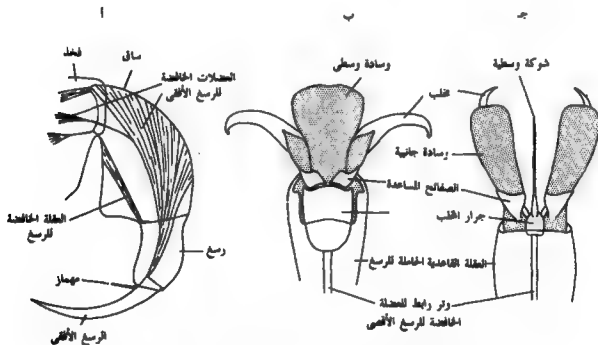


(شكل ٨-١٠) عناصر الارتجاجات عناصر الرجل أ - ارتجاج للدور على المفصلة والعضلات الخلفية للدور ب - منظر طرف ج - منظر جانبي د - ارتجاج الرسغ مع الساق (من سودجرس ١٩٣٥ ، ١٩٥٢)

يتكون مقدم الرسغ من عقلة واحدة تشبه المخنب في الحشرات التابعة لرتبة ذوات الذنب الشعرى وبعض الحشرات التابعة لرتبة ذوات الذنب القافر وكثير من يرقات الحشرات كاملة التطور (شكل ٨ - ١١) ولكنه في معظم الحشرات يتكون من قاعدة غشائية تحتوى على فص وسطح يسمى الأورليم Arolium الذى قد يكون غشائيا أو متصلا جزئيا ، ومن زوج من المخالب التى تتفصل مع الزائدة الوسطية للعقلة الأخيرة من الرسغ والى تسمى حامل المخالب Unguifer . من الناحية البطنية توجد صفيحة قاعدية متصلة تسمى جرار المخالب Unguiteractor ، وبين هذا الأخير والمخالب توجد صفائح صغيرة تسمى الصفائح المساعدة Auxiliae (شكل ٨ - ١١ ب) .

في الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة تخرج الوسادة الغشائية من قاعدة كل صفيحة مساعدة ، بينما تخرج الشوكة الوسطية من جرار المخالب (شكل ٨ - ١١ ج) . ولا توجد أورليم في الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة ماعدا عائلة Tipulidae .

يختلف تطور المخالب فعادة تكون متطورة بدرجة كافية تقريبا في السواد الأعظم من الحشرات ولكن في الحشرات التابعة لرتبة Thysanoptera تكون هذه المخالب دقيقة ويكوّن مقدم الرسغ أورليم كبيرة تشبه الموصلة . أما في محامير أخرى من الحشرات فيكون نمو المخالب غير متساو وقد يفشل أحد المخلبين في النمو والظهور فمثلا في الحشرات التابعة لرتبة القمل القارض Mallophaga يوجد مخلب واحد فقط في رجل الحشرة . وسوف توصف عضلات الرجل في الباب التاسع .



(شكل ٨-١١) أ - الجزء الكاقدى لرجل أمانة لورقة حفرة Trautodes توضح عقلة بدنية من عطل الرسغ .

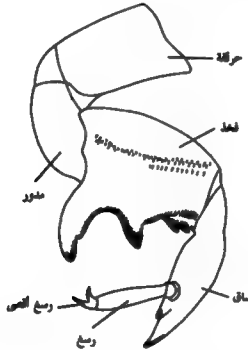
ب - الرسغ الألفى للصرصور - سطر جانبي .

ج - الرسغ الألفى لحشرة زوجية الأجنحة - سطر جانبي (عن نوال ١٩٦٤ ، ستودجراس ١٩٣٥) .

٨-٣-٢ محورات النموذج الأساسي

قد تتحور الرجل الأساسية الخاصة بالمشي بطرق مختلفة لتؤدي عدد من الوظائف منها القفز والعموم والحفر والقتص والتنظيف والإطلاق والصوت . وسوف نتناول محورات الأرجل الخاصة بالقفز والعموم في الباب التاسع

الحفـر Digging : تعرف الأرجل المتحورة للحفر في بعض الحشرات مثل الحفار ، حيث تكون فيه الرجل الأمامية قصيرة وعريضة وتحمل الساق وعقل الرسغ لصوص قوية تستعمل في الحفر . وفي الحنفساء المقربة يكون الفخذ قصيرا والساق قوية ومسنة ولكن عقل الرسغ تكون عادة ضعيفة التكوين . وفي يرقة السيكادا larval Cicadas التي تحفر حجورا يكون الفخذ الخاص بالرجل الأمامية كبيرا ومستننا وهو يعتبر العضو الأساسي الخاص بالحفر ، أما الساق القوية فإنها تختص بتفكيك التربة . يتفمس الرسغ من الناحية الظهرية على الساق ويمكن أن ينثنى للخلف . في اليرقة من العمر الأول يتكون الرسغ من ثلاث حلقات ولكنه يصبح مستغزلا في الأعمار المتقدمة ويمكن أن يختفي تماما .



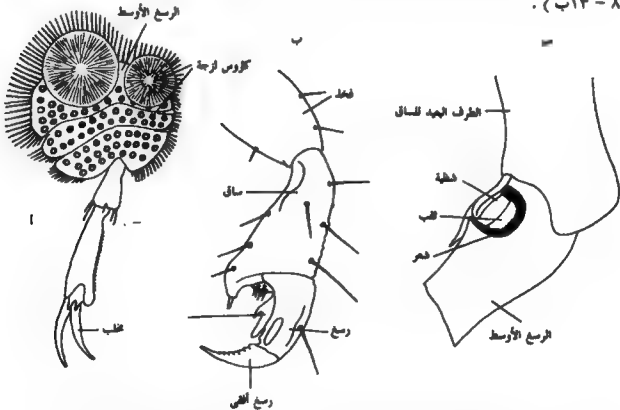
(شكل ٨-١٢) رجل أمامية ليرقة سيكادا (من برسون ١٩٥١-١)

القتص Grasping : وجد محورات الأرجل للقتص في الحشرات المفترسة . وتتكون الكمامة (الكلابة) عادة بضم الساق على الفخذ ويحدث في الرجل الأمامية لفرس النمل *Mantids* وفي بعض أنواع البق التابعة لعائلة *Nepidae* ، *Phymatidae* وفي بعض الحشرات التابعة لعائلة *Ephyridae* ، *Empididae* من رتبة ثنائية الأجنحة . وقد

وجد أنه في بعض الأنواع التابعة لعائلة Empididae تتحور الرجل الوسطى بنفس الطريقة بينما في حشرة *Bittacus* (التابعة لرتبة Mecoptera) تنتهي عقلة الرسغ الخامسة للخلف على العقلة الرابعة .

يمكن أن تتكيف الأرجل بطرق أخرى ولأغراض أخرى . فمثلاً في ذكر حشرة *Dytiscus* تكبر عقل الرسغ الثلاثة الأولى في الرجل الأمامية لتكون قرص دائري وعلى السطح الداخلي لهذا القرص توجد كؤوس جليدية ذات سيقان وتكون معظم هذه الكؤوس صغيرة جداً ولكن اثنين منها على الرسغ الخلفي يكونا أكبر حجماً عن الآخرين (شكل ٨ - ١٣ أ) . يتم تفريغ السائل اللزج من غدة في الرسغ وبذلك يمكن للحشرة أن تلتصق على السطوح التي تقف عليها (ميال Mial عام ١٩٢٢) . وتستعمل الذكور هذه المصحات المفترزة للسائل اللزج في التعلق بالاناث أثناء التلقيح ويعتبر ذلك هي الوظيفة الأساسية لهذا السائل . وقد يوجد استعمال عرضي آخر لهذا السائل وهو قصص الفريسة . وتوجد مصحات مفترزة للسائل اللزج أيضاً في ذكور بعض الحنافس الأخرى التابعة لعائلات *Silphidae*, *Meloidae*, *Cicindelidae*, *Carabidae*, *Hydrophilidae*

تعتبر القدرة على التعلق هامة أيضاً في الحشرات المتطفلة خارجياً . وعادة ما يوجد بهذه الحشرات مخالب نامية بدرجة كبيرة وتكون الأرجل قوية وقصيرة كما في الحشرات التابعة لعائلة Hippoboscidae وتلك التي تتبع رتبة القمل القارض ، الحشرات التابعة لـ *Siphunculata* . في مجموعة الحشرات الأخيرة وفي القمل القارض تتكون الرسغ من عقلة واحدة أو عقلتين وغالباً ما يوجد مخالب واحد الذي ينتهي للخلف ضد مسقط الساق (شكل ٨ - ١٣ ب) .

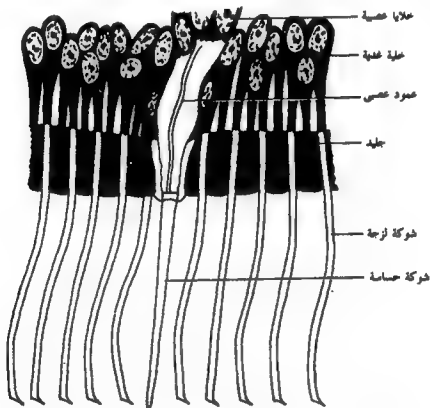


(شكل ٨-١٣) أ - الرسغ الأمامي للذكر حشرة *Bittacus* ب - رجل حشرة *Haemotopinus* (عن *Siphunculata*)

ج - عضو التعلق في الرجل الأمامية للرجل (عن ميال ١٩٢٢ ، سيجوي ١٩٥١ - ، ستودجرس ١٩٥٦)

في الحشرات التي تعيش معيشة حرة تستعمل الخالب في الإمساك بالسطوح الخشنة ، أما إذا كان السطح أملسا فإن الحشرة يمكنها التعلق عليه بواسطة الشعيرات الموجودة على الأروليم أو الوسادة بهذا السطح . في الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة توجد وسائل رقيقة خاصة على الجوانب السفلية لعقل الرسغ . أما في حشرة رودنيس *Rhodnius* وبعض الحشرات الأخرى التابعة لمائلة *Reduviidae* فإنه توجد وسائل التصاق خاصة على النهايات البعيدة للمساق في الرجل الأمامية والرجل الوسطى . وتوجد هذه الوسائل ملتصقة بنحوائى خمسة آلاف شوكة التصاقية ولا تخرج من تجويف بالطريقة العادية . تفتح الخلايا الغدية الموجودة في طبقة البشرة في هذه الأشواك وتفرغ محتوياتها على قمة هذه الأشواك التي تظهر بصورة متطاولة ومقلمة (شكل ٨ - ١٤) .

تنتج هذه الغدد افرازا زيتيا الذي يكون طبقة رقيقة على السطح ، ويُعتقد أن تحلل هذه الطبقة الزيتية يسبب التصاق قمم الأشواك على السطح الذي تمشي عليه الحشرة . وتُستعمل الوسائل الرقيقة عندما تسير الحشرة على السطوح الملساء حيث لا تستطيع الخالب الإمساك بهذه السطوح لنعومتها (جيليت ، ويجلسورث & Gillett Wigglesworth عام ١٩٣٢) .



(شكل ٨ - ١٤) قطاع في عضو الالتصاق لحشرة *Rhodnius* (عن جيليت ، ويجلسورث ١٩٣٢)

التنظيف (rooming) : في بعض الحشرات تتحور الأرجل الأمامية لتصبح أعضاء نظافته . ففي نمل البسل يوجد تجويف قاعدى في الرسغ الخلفى يحده شعيرات تشبه الأشواك. أما الشوكة الأساسية فتسمى المهملز حيث يمتد

لأسفل من نهاية الساق وعندما تتمدد عقلة الرسغ الخلفية ضد الساق فإن المهماز يخلق التجويف مكونا حلقة كاملة الاستدارة (شكل ٨ - ١٣ ج) . وتستعمل هذه الحلقة لتنظيف قرن الاستشعار . في البداية تُقفل حول قاعدة الشمراخ ثم يتم سحب قرن الاستشعار من هذه الحلقة المعلقة فيتم تنظيف السطح الخارجي لقرن الاستشعار بواسطة الشعيرات التي حول التجويف بينما يتم تنظيف السطح الداخلي لقرن الاستشعار بواسطة المهماز (سنودجراس Snodgrass عام ١٩٥٦) .

يوجد تركيب مشابه ولكنه أقل تطورا في الحشرات الأخرى التابعة لرتبة غشائية الأجنحة وبعض الحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة من عائلتي Carabidae ، Staphylinidae . في الحشرات التابعة لرتبة حشرشفة الأجنحة يوجد فص متحرك يسمى المكشطة Strigil على السطح البطني لساق الرجل الأمامية وتُدغم هذه المكشطة عادة بفرشاة من الشعر ، ويُعتقد أنها تستعمل في تنظيف قرن الاستشعار ومن الممكن في تنظيف الخرطوم (من أجزاء الفم) أيضا .

في النحل تتحور الأرجل الخلفية لجمع حبوب اللقاح من الشعيرات الموجودة على الجسم وتتراكم حبوب اللقاح هذه في سلة حبوب اللقاح .

اختزال الأرجل : Reduction of legs : يحدث بعض الاختزال في أرجل بعض مجاميع الحشرات ، ففي بعض الحشرات التابعة لفوق عائلة Papilionoidea تكون عقل الرسغ الأمامية مختزلة ، أما في الحشرات التابعة لعائلة Nymphalidae فتوجد أربعة أرجل من الناحية الوظيفية ، بينما يكون الزوج الأمامي من الأرجل معلقا بصفة دائمة ضد الصدر . أما في ذكور الحشرات التابعة لعائلة Nymphalidae ، فتفقد الرجل الأمامية الرسغ ومقدم الرسغ تماما بينما يتكون الرسغ في الإناث من عقل قصيرة جدا . ومن ناحية أخرى تفقد الرجل الخلفية الرسغ في ذكور حشرة Hepatus .

وعادة ما يرتبط اختزال الأرجل بعادة إقامة الحشرة في بيئتها وعدم الهجرة وبعض العادات الأخرى الخاصة مثل إقامتها في جمحور حيث تصبح الأرجل عاتقة لهذه الحشرات . فمثلا تعتبر الحشرات التابعة لعائلة Coccidae من الحشرات المقيمة في البيئة وتعلق في بعض الأحيان بالمائل الذي يناسبها بواسطة خرطومها . تُختزل الأرجل في بعض الأحيان لتصبح على هيئة أشواك بسيطة وقد تختفى في بعض الأنواع . وبالمثل فإن أنثى الحشرات التابعة لعائلة Psyllidae لا تترك مطلقا الأكياس التي تبنيها البورات ، وتظهر بها درجات متفاوتة من اختزال الأرجل ؛ فبعض الأنواع تكون عديمة الأرجل تماما . وتغيب الأرجل تماما من إناث الحشرات التابعة لرتبة Strepsiptera والتي تعيش معيشة متطفلة في حشرات أخرى .

بغض النظر عن الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة ، فإن جميع البورات التي تتعرض عديمة الأرجل ترتبط عادة بطرق مختلفة لحياتها . فتوجد نزعة فقدان الأرجل في بورات ناخرات الأوراق التابعة لرتبتي حشرشفة الأجنحة وفوق عائلة Tenthredinoidea (انظر هيرنج Hering عام ١٩٥١) . كما تصبح البورات المتطفلة التابعة لرتبتي غشائية الأجنحة و Strepsiptera عديمة الأرجل بينما تختزل بدرجة كبيرة أرجل الحشرات التابعة لعائلة Meloidae . وأخيرا فقد وجد في الحشرات الاجتماعية وشبه الاجتماعية التابعة لرتبة غشائية الأجنحة والتي تُطعم البورات فيها بواسطة الآباء تصبح ظاهرة عدم وجود الأرجل فيها قاعدة .

الفصل التاسع

التحرك

LOCOMOTION

يعتبر التحرك في بعض مراحل حياة الحيوان صفة مميزة لكل الحيوانات ، حيث يجب أن تتحرك للتزواج وللتشتت ، وفي كثير من الحالات لبحث عن الغذاء . ويرجع نجاحها (كحيوانات أرضية) جزئياً إلى درجتها العالية في الحركة التي تنتج من قوة طيرانها ولكن الحركات الموضعية مثل المشي والوم تعتبر أيضاً هامة . بعض الحشرات تتحرك على سطح الأرض إما بالجري أو بالوثب وتأتي القوة الخاصة بهذه الحركات من الأرجل . وتحرك الأرجل حركات تابعة والتي تختلف باختلاف السرعات بهدف الحفاظ دائماً على ثبات الحشرة ، ويتضمن تناسق هذه الحركات وجود آليات مركزية وتعتبر الانعكاسات الحلقية أيضاً هامة في هذا التناسق .

يمكن للأرجل أن تؤدي وظيفتها بهذه الطريقة عندما يكون الجليد متصلباً ، أما في الحشرات ذات جدار الجسم الرخو مثل البرقات فإن العضلات تعمل ضد الجدار افيدروستاتيكي ويتم المحافظة عليه بواسطة الضغط الانتفاخي للهيمولف . وتزحف هذه الحشرات بامتداد الجسم للأمام وينتج عن ذلك رفع مقدم الجسم ثم تسحب الحشرة باقي جسمها . ولبعض الحشرات زوائد بطنية تساعد على الزحف .

تستعمل الحشرات المائية أرجلها أيضاً في الحركة ولذلك تتحور الأرجل للوم لتتعرض أقصى مساحة لقوة التجديف الأمامي وأقل مساحة للتجديف الخلفي ، أما التحوارات الأخرى فإنها تعمل على أقصى اندفاع للتجديف الخلفي وتكون المحصلة النهائية سباحة الحشرة في الاتجاه الأمامي . تتحرك البرقات المائية عديمة الأرجل التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة بواسطة الانثناء الجانبي لكل الجسم وتستعمل برقات Anisoptera طريقة الإندفاع الانفوري .

١-٩ المشي Walking

٩-١-٩ حركة الأرجل

عند وصف حركات الأرجل سوف تستعمل المصطلحات التالية (هويس Hughes عام ١٩٥٢) .

الإطالة (Protraction) : هي الحركة الكاملة للأمام لكل الرجل بالنسبة لتفصلها مع الجسم .

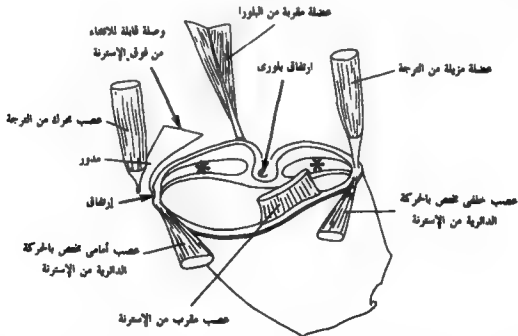
الارتقاء (Promotion) : هي حركة الحرقفة ويتبع عنها الإطالة .

الانكماش (Retraction) : هي الحركة الخلفية للرجل بين الوقت الذي تخط فيه على الأرجل ووقت ارتفاعها .

الإزالة (Remotion) : هي الحركة المائلة للحرقفة
الطريب (Adduction) : هي حركة الحرقفة في اتجاه الجسم .
الإبعاد (Abduction) : هي حركة الحرقفة إلى الأمام من الجسم .
الارتفاع (Levation) : هو ارتفاع الرجل أو جزء منها (والارتفاع جزء من إمالة) .
الانخفاض (Depression) : هو انخفاض الرجل أو جزء منها .
 ومصطلحا الارتفاع والانخفاض يتفرعان فيما بينهما إلى حد ما مع :
البسط Extension : هو زيادة في الزاوية المحصورة بين عقتين من عَقْل الرجل .

الثنى Flexion : هو قلة الزاوية المحصورة بين عقتين من عقل الرجل . تقع العضلات التي تُنتج هذه الحركات في مجموعتين : مجموعة العضلات الخارجية التي تتواجد على المحيط الداخلى للرجل ، ومجموعة العضلات التي تلبها . وتتحرك الحرقفة بواسطة العضلات الخارجية التي تنبع من الصدر . ويمكن ملاحظة التوزيع التوذي للعضلات في شكل (٩ - ١) والذي فيه تنبع عضلات الارتفاع والإزالة من الترجة وعضلات التقريب والإبعاد من البلورا والإسترنة وعضلات الإنكماش من الإسترنة أيضاً . وقد تختلف وظيفة العضلات ويعتمد ذلك على نشاط باقي العضلات وكذلك على نوع التفتصل . في نخل العسل الذي يوجد به تفتصلات بلورية جامدة وإسترنية تغيب عضلات الارتفاع والإزالة من الترجة .

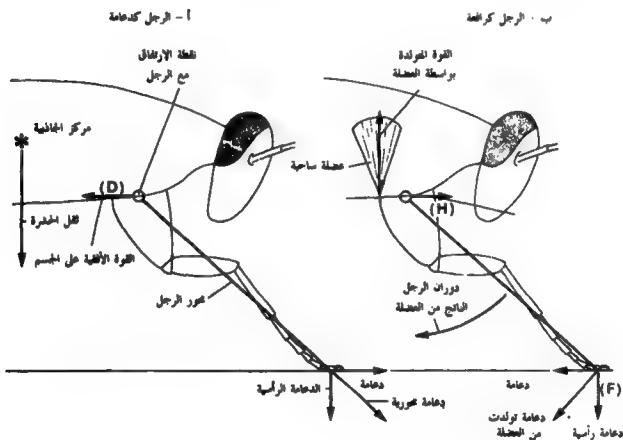
في حلقات الصدر المنحج ، تسر عضلات (الموضحة بالنجوم في شكل ٩-١) من الحرقفات إلى الصليبيات القاعدية وتحت الجناحين ، وتختص هذه العضلات بحركات الجناح .



(شكل ٩-١) سطر داخلى للحرقفة يوضح العضلات الباسطة للرجل والتي تحركها العضلات التي تخرج من النقاط الموضحة بالنجوم والتي تصل بقاعدة الجناح مأخوذة عن سودجى ١٩٧٥

تظهر العضلات الداخلية للرجل بصورة أكثر بساطة من عضلات الحرقفة وهى من الناحية الفوفجية تتكون من أرواح من العضلات المتعكسة أو المتضادة في كل عقلة (شكل ٨-٧ ب) . ففى الصرصور الأمريكى (رتبة الصراصير وفرس النبی) يوجد ثلاث عضلات انخفاض ، اثنتين تنشأ من الحرقفة بينما تنبع العضلة الثالثة من التواء البلورى ومن الترجة . يرتبط الفخذ عادة مع الحرقفة بدون حركة ولكن يتحرك الساق بواسطة عضلات البسط والشد التى تخرج من الفخذ وتنغمس فى الأربطة العضلية من الغشاء عند قاعدة الساق . وتخرج عضلات الإرتفاع والانخفاض الخاصة بالرسغ وتنغمس فى قمة الرسغ الخلفى ولكن لا توجد عضلات داخل الرسغ لتحرك عَقْلَة .

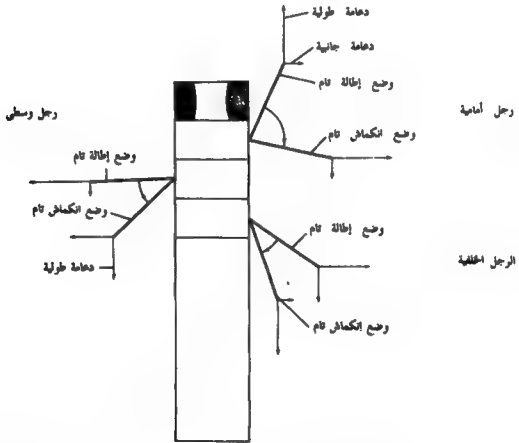
ومن الصفات المميزة للحشرات وجود عضلة انخفاض فى مقدم الرسغ ولكن لا توجد عضلة رافعة . وتشكل ألياف عضلة الانخفاض من مجاميع صغيرة فى الفخذ والساق التى تنغمس فى الرباط العضلى الطويل الذى ينبع من العصيقحة الخشبية . ويبتع ارتفاع مقدم الرسغ من ليونة أجزائه القاعدية .



(شكل ٩-٧) رسم توضيحي للرجل أثناء عملها كدعامة

٩-١-٢ آلية المشي

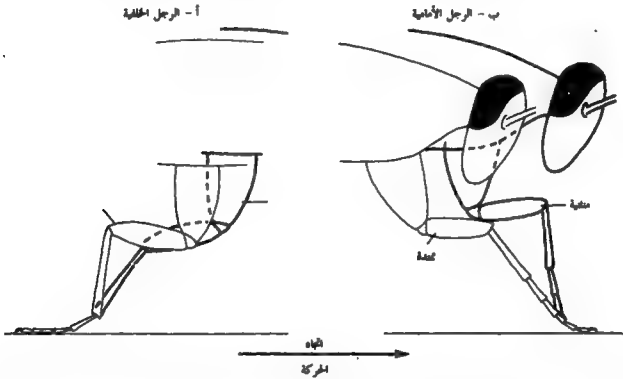
تتبع القوى التي تعمل على الجسم لتنتج تحركه من طرق مختلفة خاصة بنشاطات الأرجل .
تعمل الرجل كدعامة للقوى التي تؤثر لأسفل ويعتمد ذلك على زاوية ميلها بالنسبة للجسم وعلى وزن الحشرة (شكل ٩-١٢) . وتبدل الرجل قوى مساوية ومضادة على الجسم . أما القوة التي تؤثر أسفل الرجل فإنه يمكن تحليلها إلى مكونين أحدهما طولي والآخر عرضي (شكل ٩-٣) . ويختلف الحجم النسبي للمكونين الطولي والعرضي حسب وضع الرجل (شكل ٩-٣) . ففي هذا الشكل التخطيطي يُفترض أن ثلاثة أرجل فقط تكون على الأرض ومن الواضح أنه في معظم الحركات يكون التأثير الدعامي للرجل الأمامية هو تأخير الحركة الأمامية بينما يكون هذا التأثير بالنسبة للرجل الوسطى والرجل الخلفية هو تعزيز الحركة الأمامية . وعندما تتوازن كل القوى الطولية والجانبية الواحدة مع الأخرى فإنها سوف لا تتحرك ولكن عندما لا تتوازن القوى فإن الجسم يُزاح نتيجة اختلال مركز الثقل .



(شكل ٩-٣) رسم توضيحي يبين أوضاع الأرجل وهي بشكل دعامة مطلية نموذجية عند الإسطالة القصوى والإكماش الأقصى ، جياً إلى جنب مع المكونات الطولية والجانبية لأثر الدعامة الألفية عندما تروى الأرجل على الأرض ل ذلك الحين القوى المؤثرة على الجسم سوف تكون إذاً فلا الاتجاهات المضادة .

يمكن للرجل أيضاً أن تعمل كرافعة حيث تعمل كقضيب يقع عليه الشغل الخارجى وبالتالي تدور الرجل حول محور الارتكاز . ويتبع هذا التأثير بواسطة العضلات الخارجية التى تُحرّك الرجل بالنسبة للجسم وبالتالي ترفع الجسم إلى الأمام . (شكل ٩-٢ ب) .

وعلى كل حال فإن الرجل ليست دعامة أو قضيب متصلب بسيط ولكنها تحتوى على عضلات داخلية أيضاً التى يمكن أن تبذل قوى على الجسم بواسطة بسط وثنى الرجل . وعندما تمتد الرجل للأمام فإن ثنى الروابط تسبب دفع الجسم للأمام (شكل ٩-٤ ب) ، بينما فى الرجل المتجهة للخلف تعمل استقامة الروابط على دفع الجسم إلى الأمام (شكل ٩-٤ أ)



(شكل ٩-٤) رسم توضيحي بين أثر التمدد والثنى على مفصلات الحرقفة - للدور والقفز - الساق وبمجة ذلك على حركة الجسم ، بينا يظل القدم ثابتا
 أ - تمتد الرجل الخلفية بدفع الجسم إلى الأمام
 ب - إنكماش الرجل الخلفية بدفع الجسم إلى الأمام .

عندما يبدأ الصرصور الأمريكى فى الحركة فإن الرجل الأمامية تمتد تماماً ويرجم ذلك إلى النهاية العظمى لإرتقاء الحرقفة ولبسط جميع عقل الرجل . فى هذه المرحلة تبذل الرجل قسلاً دعائياً يؤخر الحركة الأمامية . ويبدأ الإنكماش بواسطة الإزالة للحرقفة ويتبع عن ذلك تأثير رافع يسحب الحشرة للأمام ، ويمكن أن يضاف تأثير آخر عن طريق ثنى البذؤر على الحرقفة والساق على الفخذ . وتستمر هذه الحالة حتى تكون الرجل بالزاوية الصحيحة على طول محور جسم الحشرة . وعندما تصل إلى هذا الوضع فإنها تبذل تأثيراً دعائياً بمساعدة ثنى الرجل وبالتالي تندفع الحشرة للأمام .

أثناء الإطالة فإن الرجل ترتفع وتنتهي وبالتالي لا تذل قوى على الجسم . ويحتمل أن تبدأ العضلة الخاصة بالإرتقاء في عملية الإنقباض قبل أن يستكمل الانكماش وبالتالي فإن التغير من الانكماش إلى الإطالة يكون هادئاً . وعند تأرجح الرجل للأمام فإنها تمتد مرة أخرى وبالتالي فإنه في كل دورة حركة يوجد مظهران للعضلات الداخلية هما الإنقباض والإنسائط بينما تنقبض وتبسط العضلات الخارجية مرة واحدة .

يوجد رسغ الأرجل الوسطى والخلفية دائماً على الأرض خلف حرقفتها وبالتالي فإن تأثيرها الدعامي الطويل يساعد دائماً الحركة الأمامية (شكل ٩-٣) ، وتشتت القوى الرئيسية الدافعة لكلا الزوجين من الأرجل من بسط المرور على الحرقفة ومن بسط الساق على الفخذ فتندفع الحشرة للأمام .

وتكون القوى الطولية الناتجة عن هذه الحركات غالباً مثل تلك التي تدفع الحشرة للأمام . وفي نفس الوقت تنتج قوى جانبية وعندما تكون الرجل الأمامية اليمنى على الأرض مثلاً فإنها تدفع الرأس إلى الجهة اليسرى ويتوازن ذلك جزئياً بواسطة باقى الأرجل ولكن هناك أيضاً بعض النزاعات الخاصة بالحشرات والتي تدفع الرأس من جانب إلى آخر أثناء الحركة (أنظر هويس Hughes عام ١٩٥٢) .

وقد درس هذا الموضوع تفصيلاً على الصرصور الأمريكي ومن المحتمل أن تكون حركات الأرجل والقوى المسببة للمشي في الصرصور تشابه إلى حد كبير ما يحدث في الحشرات الأخرى .

٩-٣ أشكال حركة الرجل

عندما تمشي حشرة ما فإن أرجلها تتحرك في تابع محدد وفق قاعدتين عامتين : الأولى لا ترتفع أى رجل إلى أن تكون الرجل التي خلفها في وضع مدعم والثانية تكون حركات الرجلين لكل حلقة متعاقبة ومتبادلة .

يعتمد شكل حركات الأرجل وعدد الأرجل على الأرض في أى وقت على الفترات النسبية للإطالة عندما تكون في الهواء والإنكماش عندما تكون على الأرض . وتحدث التفورات في الشكل تلقائياً ويعقب ذلك تفورات في الفترات النسبية للإطالة والإنكماش . فعل السرعات البطيئة يكون زمن الإنكماش أطول بالنسبة للإطالة وبالتالي يكون : $\frac{\text{الإطالة}}{\text{الإنكماش}}$ تكون منخفضة ، حيث تكون $\frac{\text{الإطالة}}{\text{الإنكماش}} = ٠,٣١$ للصرصور الشرقى (من رتبة الصرصور

وفرس النسي) الذي يتحرك بمعدل ٣,٢ سم/ثانية وعلى سرعات أكثر انخفاضاً تصبح هذه القيمة أقل . تحت هذه الظروف تكون معظم الأرجل على الأرض معظم الوقت وإطالة الأرجل تكون منفردة في تابع م ١٠ م ٣ س ٢ س ١ س م ... إلى آخره (حيث م تعنى اليمنى (R) ، س تعنى اليسرى (L) ، ١ ، ٢ ، ٣ تعنى الأرجل الأمامية والوسطى والخلفية على الترتيب) (شكلا ٩ - ١٥ ، ٩ - ١٦) .

وعندما تزداد السرعة يصبح زمن الانكماش أقل نسبياً $\frac{\text{الإطالة}}{\text{الإنكماش}}$ تقترب من الواحد

الصحيح ، وعندما تصل هذه النسبة إلى الواحد الصحيح تظل ثلاثة أرجل هي الرجلان الأمامية والخلفية لجانب

واحد والرجل الوسطى للجانب المقابل ، وبين هذه الأرجل يتكون مثلث التدعيم . وعندما تستطيل هذه الأرجل فإن الثلاثة الأخرى تنكمش والعكس صحيح في تناوب كالاتي

$$\left\{ \begin{array}{l} ١٢ \text{ م } ١٢ \\ ٢٢ \text{ م } ٢٢ \\ ٣٢ \text{ م } ٣٢ \end{array} \right. \dots \text{إلى آخره}$$

$$1 \frac{\text{زمن الإطالة}}{\text{زمن الإنكماش}} = \frac{1}{5}$$

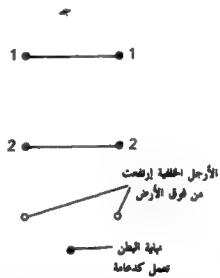
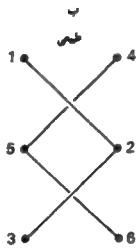
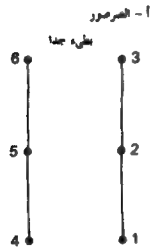
$$ب \frac{\text{زمن الإطالة}}{\text{زمن الإنكماش}} = \frac{1}{1}$$



تتابع الخطى R1L3L2L1R3R2R1L3L2L1R3R2R1L3L2

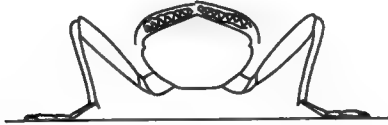
L1	R1	L1	R1	L1
R2	L2	R2	L2	R2
L3	R3	L3	R3	L3

(شكل ٨-٩) رسم توضيحي بين ترتيب الأرجل في أزمان إطالة مطووعة : سرعات إطالة متدرجة توضح الخطوط المائلة سحب الأرجل فوق الأرض ، الخطوط الرقيقة توضح إزاحة الأرجل من فوق الأرض إلى الخواء



(شكل ٩-١٠) رسم توضيحي بين القدم حال وضعها أ - في الصرصور في حالة السرعة البطيئة للفتية ب - في الصرصور وسطى الحشرات الأخرى في حالة السرعة البطيئة ج - في حشرة Trepodopa عند السرعة العالية . تدل الأعداد على تتابع الخطى

(شكل ٩-٥) ، وبالتالي تصبح الحشرة مدعومة بثلاث متبادلة من الأرجل . ويحدث ذلك في حشرة *Curvulus* ، ولكن في الصرصور الأمريكي لا يحدث إطالة لأرجل مثلث واحد في وقت واحد ولكن تتبع الواحدة الأخرى في تعاقب سريع (شكل ٩-٦ ب) وشكل الحركة هذا الذي يكون على أساس المثلثات المتبادلة المدعومة هو أكثر الأشكال انتشاراً في الحشرات . ولا يكون للحشرة أقل من ثلاثة أرجل على الأرض أبداً ويمكنها أن تقف عند أى نقطة بدون أن تفقد ثباتها حيث تضم الثلاثة أرجل المحور الرأسى لمركز الثقل . ويُعزى الثبات بالحقيقة التى تتضمن أن الجسم يكون متديلاً بين الأرجل وبالتالي يكون مركز الثقل منخفضاً (شكل ٩-٧)



(شكل ٩-٧) قطاع عرضى لى الصدر الأوسط لحشرة *Folicola* (جلدية الأجنحة) بين الجسم وهو مائل بين الأرجل (من مانون ١٩٥٣)

تحدث أشكال أخرى للحركة ، ففى حشرة *Petrobius* (من السمك الفضى) تتحرك رجليّ الحلقة الواحدة مع بعضها وينطبق ذلك أيضاً على النطاوط *Tropidopoda* . وهذه الحشرة تستخدم أربعة أرجل هى الزوجان الأماميان من الأرجل بينما يزداد الطرف المستدق للبطن عملية التدعيم الإضافية (شكل ٩-٦ ج) . وعند السرعات العالية تتحرك الأرجل بتتابع م١ م٢ م٣ م٤ م٥ م٦ م٧ م٨ م٩ م١٠ م١١ م١٢ إلى آخره ، أما عند السرعات المنخفضة فإن هذا النطاوط يستخدم أيضاً أربعة أرجل هى الزوجان الخلفيان ولكن تتابع الخطوات يكون كالاتى :

م٢ م٣ م٤ م٥ م٦ م٧ م٨ م٩ م١٠ م١١ م١٢ ... الخ أو م٢ م٣ م٤ م٥ م٦ م٧ م٨ م٩ م١٠ م١١ م١٢ ... الخ

تختلف سرعة الحركة اختلافاً كبيراً من حشرة إلى أخرى ولكنها عموماً تكون عالية عند ارتفاع درجة الحرارة . فعلى درجة حرارة ٢٥° م يتحرك الصرصور الأمريكى بمعدل ٧٠ سم/ ثانية بسرعات قصوى تصل إلى ١٣٠ سم/ ثانية (انظر هويس Hughes عام ١٩٦٥-١) . تعتمد السرعة أيضاً على الحجم لأن الحشرات ذات الأرجل الطويلة يمكن أن تأخذ خطوات طويلة وبالتالي تقطع مسافات أطول من الحشرات الصغيرة الحجم ، فقد وجد أن حورية الصرصور الألمانى فى العمر الأول تتحرك بمعدل حوالى ٣ سم/ ثانية بينما تصل سرعة الحشرات الكاملة إلى حوالى ٢٠ سم/ ثانية .

٩-١-٤ تماسق حركات الأرجل

يتحكم في حركات الأرجل الجهاز العصبي المركزي والتغذية الاسترجاعية من المستقبلات الذاتية الموجودة بالرجل . وتتمارس التراكيب العصبية الموجودة بالرأس (والتي تتأثر بأعضاء الحس المحيطية) جميع عمليات التحكم من تنشيط وتثبيته ، ولكن حركات زجل واحدة قد تعتمد على نظام الإنعكاس انقباضى للمعضلات الخافضة بينما لمس الجانب الأعلى من الرجل يُنتج انعكاس رافع . وإثارة مجموعة من العضلات يثبط التثبيته العصبى للمعضلات المضادة ولكن إذا كانت الإثارة قوية فإن إزالتها تتلاحق بواسطة ذروة حادة (تسمى التأثير الارتدادى Rebound effect) من انطلاق التأثير العصبى إلى العضلات المضادة ويؤدى ذلك إلى انقباض هذه العضلات . وبذلك يمكن القول إن تثبيته عضلة واحدة يمكن أن يؤدى إلى انقباض العضلات المضادة لها وإذا كانت الطاقة التى تزود بها العضلة قوية بدرجة كافية فإنه يمكن المحافظة على التبادل (برينجل Pringle عام ١٩٤٠) . ويلاحظ أن معدل رد الفعل للشعيرات الحسية وسرعة النقل خلال الإنعكاس العصبى يكونان كافيين لحدوث أسرع حركات للأرجل التى تشاهد عند الجرى . لذلك فإنه فى الغالب تلعب الإنعكاسات العصبية دوراً فى التحكم فى حركات الأرجل ولو أنه يمكن المهمة والسيطرة عليها عن طريق مردودات عصبية أقوى من مصادر أخرى (ويلسون Wilson عام ١٩٦٥ - أ) .

يحدث بعض التثبيط الإنعكاسى فى عضلات الرجل الموجودة على الجانب المقابل ، فمثلاً تثبيته العضلات الخافضة الموجودة فى جانب تثبط انطلاق التثبيته للمعضلات الخافضة الموجودة فى الجانب المقابل لنفس الحلقة .

ومن الواضح أنه يوجد أيضاً تسيق بين الحلقات للمحافظة على الخطوات والتحكم الزمنى ، وقد يتضمن ذلك الانعكاسات بين الحلقة ولكن توجد أدلة قليلة وغير مؤكدة على وجودها .

٩-٢ القفز Jumping

عادة يلزم للقفز حدوث بعض التحورات فى الأرجل الخلفية كما فى الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة ومتحانة الأجنحة والبراغيث ، ولكن تحدث آليات أخرى فى الكولمولا والحشرات التابعة لعائلة *Elateridae* وحشرة *Ptrophila* (من رتبة ثنائية الأجنحة) . وفى معظم الحالات يعتبر القفز شكلاً من رد الفعل الفرائى أو المروى ولكن فى الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة فإنه بالإضافة إلى رد الفعل المروى قد تستعمل الحشرة القفزات القصيرة كطريقة عادية لتقديمها .

٩-٢-١ القفز بالأرجل

الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة والخنافس القافزة

فى الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة وفى الخنافس البرغوثية وحشرة *Orchestes* يكون فخذ الأرجل الخلفية طويلة جداً وبأوى عضلات الساق القوية الباسطة (الرافعة) التى تتكون فى رتبة مستقيمة الأجنحة من كتلتين كبيرتين من الألياف العضلية التى تنشأ بشكل مائل من جدار الفخذ وتنغرس فى أبوديم طويل ومفلطح (شكل ٩-٨) . وينتج القفز فى هذه الحالة من الاستقامة المفاجئة للرباط الفمخذى - الساقى حيث تمتد الساق الطويلة أيضاً .

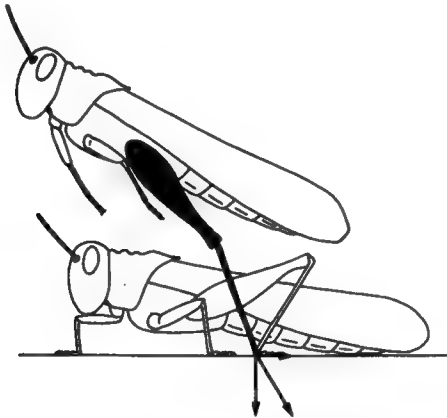
ويمكن لحوريات العمر الخامس من الجراد التابع جنس *Locusta* أن تقفز فترات طويلة قد تصل إلى ٧٠ سم وعلى ارتفاع حوالى ٣٠ سم . وتزداد القوة اللازمة بواسطة البسط المفاجيء لساق الأرجل الخلفية والتي تنشئ عند الراحة تحت الفخذ .

تأني القوة اللازمة لهذه الحركة من عضلات الساق الباسطة التي تحتل الفخذ . وحيث أن هذه العضلات تتكون من مجاميع ألياف قصيرة تنغمس بصورة مائلة في الأبوبديم (شكل ٩ - ٨) ، فإن لها مساحة مقطع عرضي كبيرة وبالتالي تكون قوية جداً وتبذل أقصى ضغط على الأبوبديم الذي يصل إلى أكبر من ٨٠٠ جرام. وينغمس الأبوبديم في الساق أعلى مفصله مع الفخذ (شكل ٩ - ٨ أ) وبالتالي فإنه في نقل الحركة للرسغ يوجد تأثير رافع واضح .

(شكل ٩-٨) رجل عذبة لغطاء بين أ - البصيل ب - قطاع عرضي في القبط (عن سودجرسي ١٩٣٥)

وبسبب طبيعة الرباط تكون نسبة الرفع ١ : ٦٠ في الوضعين البسط والثنى التام، وتنخفض هذه النسبة إلى ١ : ٣٥ في حالة الساق المنبسطة نصف انبساط . وقد وجد أن كل رجل تبذل ضغطاً يقدر بحوالى ٢٠ جم ضد الأرض عندما يكون وزن الحشرة حوالى ١,٥ جم في الهواء .

وتقدر سرعة الشروع في الطيران المقاسة في الحشرة الكاملة للجراد التي تزن ٣ جرام بمقدار ٣٤٠ سم/ ثانية وهذه السرعة يمكن تحليلها إلى مكوناتها الرأسية والأفقية التي ستحدد طول وارتفاع القفزة (شكل ٩-٩) . ويزداد الارتفاع بزاوية الشروع في الطيران التي تصل عادة إلى حوالى ٥٦° وبالمسافة التي غلّاها تتحرك الأرجل . وقد ذكر هويل (عام ١٩٥٥) أنه كلما لُزّاد وزن جسم الحشرة قل ارتفاعها أثناء القفز .



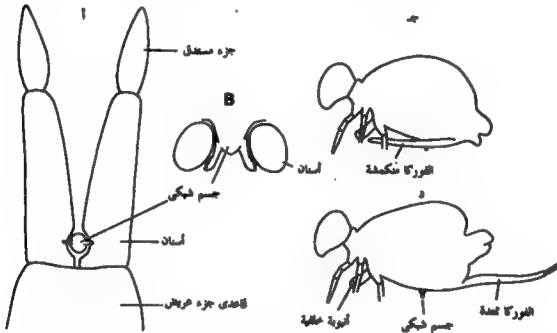
(شكل ٩-٩) رسم توضيحي لجراحة القفز ، موضح بها الدعامة للقلادة من الرجل الخلفية ومكوناتها الرأسية والأفقية .

الحشرات التابعة لرتبة متجانسة الأجنحة Homoptera في الحشرات متجانسة الأجنحة والتابعة لمائلات *Membracidae* ، *Jassidae* ، *Cercopidae* ، ينتج القفز من دوران الرجل على الرباط الحرقفي - الجذوري . أما في الحشرات التابعة لمائلات *Psyllidae* فإن الحرقفة تلتحم مع الصدر ويغبر انفصالات الجذورية لكي تحمل الفخذ في وضع موازى للجذع .

الحشرات التابعة لرتبة البراهيث المضلات المنتجة للقفز في البراهيث هي عضلات الفخذ التي تخرج من الصدر . وتنفس هذه العضلات بالنسبة لنقطة تمفصل الرجل مع الصدر وبالتالي تسحبها ضد وضع الوسادة بدون دورانها . ويكون هذا النظام في توازن غير ثابت وتسبب بعض الحركات الجانبية للعضلة اهتزاز الفخذ فجائياً لأسفل وبالتالي تندفع الحشرة في الهواء (بينت - كلارك ، ليوس Bennet-Clark & Lucey) .

٧-٧-٩ آليات القفز دون استخدام الأرجل

تقفز الكوليبولا باستخدام زوائد بطنية متحركة . ويخرج تركيب من النهاية الخلفية للحلقة البطنية الرابعة يُسمى الذنب الذى يتكون من جزء قاعدى يحمل زوج من الفروع، كل فرع يتكون من جزئين جزء قريب عريض وجزء بعيد مستدق (شكل ٩-١٠) يمكن أن ينثنى الذيل للأمام ويشبك أسفل البطن بواسطة الجسم الشبكي Retina culum على الحافة الخلفية للحلقة الثالثة (شكل ٩-١٠ جـ) . وينتج القفز من تحرير الذيل المفاجيء وعلى ذلك حدوث ضغط على قاعدته وبالتالي ينطلق الذيل إلى الخلف بسرعة كبيرة فتندفع الحشرة في الهواء .



(شكل ٩-١٠) القفز في كوليبولا أ - الفوركا والجسم الشبكي كما ترى من أسفل ب - رسم توضيحي للجسم وهو ضحك الأسنان . جـ - رسوم توضيحية لكوليبولا والفوركا د - أوضاع الإمضاء والقفز .

من المحتمل ألا تكون آلية انبساط الذيل واحدة في جميع الكوليبولا . ففي الحشرات التابعة لعائلة *Entomobryidae* توجد عضلات باسطة قوية تنشأ من ترجة الحلقة البطنية الرابعة ومن المحتمل أن تولد هذه الحشرات الضغط اللازم لانبساط الذيل . أما في الحشرات التابعة لعائتي *Isotomidae* ، *Tomoceridae* فإن هذه العضلات لا تكون نامية

بدرجة كبيرة ويشأ الصعط من مرونة الجليد وعلى ذلك انحرافه نتيجة ثنى الذيل . وفي حشرة *Allacma* مثلاً يسترد الذيل قوته من عضلات الثنى التى تُسبب انحراف الجليد أسفل الجزء القاعدى وبالتالي يقع الذيل تحت ضغط . فإذا ما اشتبك الذيل في الجسم الشبكي فإن جميع العضلات تصبح منبسطة أما عند تحريره من الجسم الشبكي فإنه يرتد للخلف ويأخذ شكله الطبيعي مرة أخرى (دنيس Danis عام ١٩٤٩) .

الحشرات الأخرى : يحدث القفز الناتج عن التحرير المفاجيء للضغط السابق بيانه في الحشرات التابعة لعائلة *Elateridae* والبرقات المختلفة التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة . وتقفز الحشرات التابعة للعائلة السابقة إذا التوت (انتثت) على ظهورها ويستخدم القفز في وصول الحشرة إلى المكان الذي تريده . في البداية تثنى الحشرة ظهرها بين الحلقة الصدرية الأمامية والحلقة الوسطى وبالتالي تُدْعَم الحشرة من الأمام بواسطة حلقة الصدر الأمامية ومن الخلف بواسطة الأجنحة الغمدية مع ارتفاع وسط الجسم ويكون الانقباض العضلي متساوياً . ونتيجة استقامة حلقة الصدر الأمامية بالنسبة لحلقة الصدر الوسطى تندفع الحشرة في الهواء ولا يوجد تحكم في اتجاهها أثناء الطيران ولكنها في بعض الأحيان تهبط على أرجلها .

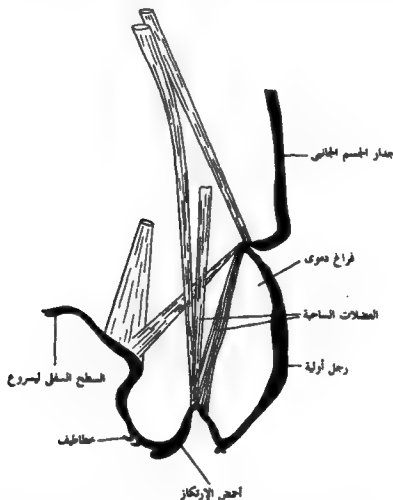
تعيش يرقة *Prophila* (من رتبة ثنائية الأجنحة) . في الجنين ، وعندما تصل إلى العمر اليرقي الأخير فإنها تصبح قادرة على القفز ويم ذلك بنى الرأس أسفل بطنها وبالتالي تدخل الفكوك العليا في ثنية عرضية بالقرب من الثغور التنفسية الخلفية ، وتنبض العضلات الطولية الموجودة على الجانب الخارجى للعقدة ويشأ عن ذلك ضغطاً إلى أن تحرر الفكوك العليا فجأة فتندفع اليرقة في قفزات مستقيمة في الهواء وعلى ارتفاع يبلغ في بعض الأحيان ٢٠ سم وتحدث نفس الآلية في يرقات بعض الحشرات التابعة لعائتي *Trypetidae* ، *Clusiidae* .

٩-٣ الزحف Crawling

تتحرك يرقات كثيرة من الحشرات كاملة التطور بتفريات في شكل الجسم فضلاً عن حركات الأرجل كما في مشى أو جَرَى الحشرات الكاملة . وهذا الشكل من أشكال التحرك يمكن تعريفه على أنه الزحف . وفي معظم الحشرات الزاحفة يكون الجليد رقيقاً وقابلًا للثني وغير مدعم من الداخل بهيكل مناسب لإتصال العضلات ، وبالتالي فإن ضغط الهيولف داخل الجسم يدعم الهيكل الهيدروستاتيكي . ويتناغم جدار الجسم من الداخل في يرقات حشرية الأجنحة عضلات خاصة تحافظ على شكل الجسم ، ونظراً لعدم قدرة سائل الجسم على الإنضغاط فإن التغير في شكل جزء واحد من أجزاء الجسم الناتج عن الإنقباض العضلي يجب أن يُعَوَّض بواسطة تفريات عكسية في بعض أجزاء الجسم الأخرى . ويتم التحكم في مكان وشكل هذه التفريات المُعَوَّضَة بدرجة ضغط العضلات خلال الجسم .

بالإضافة إلى الأرجل الصدرية يوجد في يرقات الحشرات التابعة لرتبة حشرية الأجنحة زوج من الأرجل البطنية الكاذبة على كل حلقة من حلقات البطن ابتداءً من الثالثة إلى السادسة وزوج آخر من هذه الأرجل على الحلقة البطنية العاشرة . والأرجل الكاذبة عبارة عن نموات خارجة من جدار الجسم اسطوانية الشكل ومدعمة بخطاطيف من أسفل ، أما تجاوزها فحضر امتدادات لتجويف الجسم وتحتوى على الهيولف . وتوجد مساحة قمية

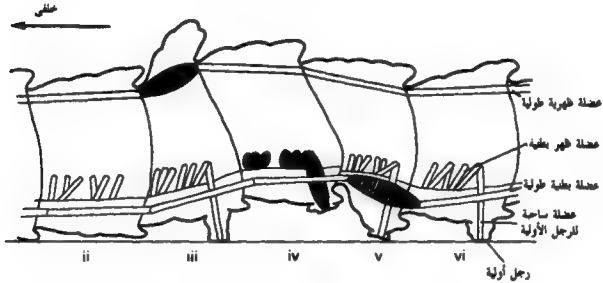
في الرجل البطنية أقل صلابة من الأجناب ، وهذه المساحة تعمل صف أو دائرة من الخطاطيف المنحنية وبها يمكن للنحشرة أن تُمسك بإحكام على السطوح التي تقف عليها . تخرج عضلات الانكماش من جدار الجسم وتنقسم في مركز المساحة القمية في الرجل البطنية ، وعندما تنقبض هذه العضلات فإن المساحة القمية تنسحب للداخل وتصبح الخطاطيف غير غائرة . تُعتمد الرجل بضغط انتفاخي عندما تكون العضلات منبسطة وعلى السطح الناعم يمكن للأرجل الكاذبة أن تعمل كمصحات . تلتوي الخطاطيف لأعلى وتنضغط المساحة القمية أولاً لأسفل ثم يبدأ مركز هذه المساحة في الانتفاخ البسيط لأعلى ليحدث فراغ (هنتون Hinton عام ١٩٥٥) .



(شكل ٩-١١) قطاع عرضي لجزء من حلقة بطنية لسرور بين الرجل الأولى (عن هانتون ١٩٥٥)

تتحرك يرقات حرشفية الأجنحة بواسطة سلسلة من الانقباضات للعضلات الطولية المقترنة بحركات الأرجل . وتبدأ الانقباضات من الخلف وعلى ذلك حركة الأرجل الأمامية . ويلاحظ أن زوج الأرجل المتصل بحلقة من الحلقات يتحركان معاً . وترتفع كل حلقة بانقباض العضلات الظهرية الطولية لكل حلقة من الأمام بينما تنكمش

الأرجل البطنية الكاذبة في نفس الوقت ، شكل (٩ - ١٢) . وبالتبعية فإن انقباض العضلات البطنية العلوية تُسقط الحلقة مرة أخرى وتُكمل الحركة الأمامية عندما تمتد الأرجل . ويلاحظ أنه عند مرور موجة الانقباض للأمام على طول الجسم فإنه يوجد ثلاث حلقات على الأقل في مراحل مختلفة من الانقباض في أي وقت واحد . وهذا يستلزم درجة عالية من التنسيق ويظهر أن ذلك يخضع لتحكم الجهاز العصبي المركزي حيث تنبه العضلات بواسطة السيالات العصبية التي تمر إليها من الجبل العصبي البطنى . ومن المحتمل أن يتحور التحكم المركزي إلى انعكاسات موضعية تتضمن مستقبلات التمدد (ويفرز Weevers عام ١٩٦٥) .



(شكل ٩-١٢) رسم توضيحي لقطاع في سمورج بين موجة من الانقباضات التي تمر خلال الجسم من الجنب إلى الأمام ويمولدها حركة للأمام . العضلات الساحية تبدو مظلمة (معدلة عن هوجز ١٩٦٥)

لكثير من الرقات القياسة أرجل كاذبة على الحلقتين البطنيتين السادسة والعاشر فقط ، وهذه الحشرة تزحف للأمام بسحب نهاية الجسم الخلفية إلى أن تصل إلى الصدر ثم الرأس والصدر للأمام .. وهكذا .

في الرقات عديمة الأرجل والتابعة لرتبة ثنائية الأجنحة تستعمل طريقة أخرى للانتقال بالرغم من اعتماد الحركة على التفرات في شكل الجسم كنتيجة لفعل العضلات ضد سوائل الجسم . وغالباً ما تُزود الحلقات الخلفية للجسم بأرجل كاذبة أو زوائد زاحفة (شكل ٩ - ١٣) ، وهي عبارة عن وسائل تمتد عبر السطح البطنى للحلقة ومزودة بشعيرات منحنية كثيفة وقوية ، وتنتشر هذه الشعيرات إما بدون نظام أو على هيئة صفوف . وتزود كل زائدة زاحفة بعضلات انكماش (هنتون Hinton عام ١٩٥٥) . ففي يرقة الذباب المنزلية Musca توجد زوائد زاحفة خاصة بالتحرك على الحواف الأمامية للحلقات من السادسة إلى الثانية عشر وكذلك على الحافة الخلفية للحلقة الثانية عشر وخلف فتحة الشرج .

عند الحركة يستطيل الجزء الأمامى من الجسم ويضيق نتيجة انقباض العضلات المائية ، بينما يختص الجزء الخلفى من الجسم بالهسك باحكام بالسطح الذى توجد عليه الحشرة ويتم ذلك بواسطة الأرجل الكاذبة أو الزوائد الخلفية . وبالتالي فلإن مقدم الجسم يدفع الحشرة إلى الأمام على أو خلال الوسط الذى تعيش فيه ، بعد ذلك تثبت الحشرة بواسطة مقدم جسمها ثم تسحب الجزء الخلفى من جسمها للأمام بواسطة موجة تقصر طولية التى تمر تحت الجسم من الأمام للخلف . تثبت الحشرة نفسها بواسطة الجزء الأمامى فى الرقات التى تعيش فى التربة والتابعة لعائلات *Hepialidae* ، *Bidionidae* ، *Tipulidae* (من رتبة حرشقية الأجنحة) ومن المحتمل أن الحشرات التى تعيش فى الجحور والتى يصاحب زيادة عرض جسمها قصر فى طولها (شكل ٨٩) ، بينما فى يرقة الذبابة المنزلية من جنس *Musca* التى تزحف على السطوح الملمساء ، تثبت الحشرة نفسها على هذا السطح بواسطة الفكوك العليا التى تنفرز فى هذا السطح (هوبت Hewitt عام ١٩١٤) .



(شكل ٩-١٣) رسم توضيحي لحركة يرقة حشرة *Tipula* (زوجة أجعة) أثناء تحركها داخل الأرض (عن جلاروف ١٩٤٩)

٩-٤ الحركة على سطح الماء Movement on the surface of water

يمكن لبعض الحشرات أن تتحرك على أو فى طبقة رقيقة على سطح الماء ، ويحدث ذلك أحياناً فى حشرات الكولوبولا مثل حشرة *Podura aquatica* حيث تتواجد بأعداد كبيرة على سطح الماء ومحصورة فى طبقة رقيقة منه . وهذه الحشرات جليد طارد للماء حيث يمنع دخول الماء داخل جسمها ولكن توجد أنبوبة بطنية على الحلقة البطنية

الأولى قابلة للبلل وتثبت الحشرة على السطح بينما الخالب (التي تعتبر قابلة للبلل أيضاً) تُمكن الحشرة من الحركة على الماء . يمكن لهذه الحشرات أن تقفز من سطح الماء باستعمال الزائدة الذنبية بنفس الطريقة التي تقفز بها حشرات الكولمبولا الأرضية .

تقف الحشرات التابعة لجنس *Gerris* (متفائرات الأجنحة) على سطح الطبقة الرقيقة وتجذب فوق سطح الماء بواسطة أرجلها الوسطى والخلفية التي تحتوي على عضلات انكماش قوية تنفخ في البلور . وتعتبر عضلات الرجل الوسطى أكثر قوة وهي تعضد معظم ثبات الحشرة . أثناء الإطالة يتدل الساق والرسغ للخلف وبالتالي يبذلان الحد الأدنى من المقاومة للحركة الأمامية ثم تترك الأرجل الوسطى السطح وتجنب للأمام بينما تُدعم الحشرة بواسطة الأرجل الأمامية والخلفية . يتم التوجيه بواسطة الانقباضات غير المتساوية لعضلات الانكماش الموجودة في كلا الجانبين ، وينتج الدوران السريع بواسطة حركة أرجل جانب واحد فقط بينما تظل أرجل الجانب الآخر (التي تدور ناحيته الحشرة) بدون حركة (برنكهورست Brinkhurst عام ١٩٥٩ - ب) .

تعيش الحشرات التابعة لجنس *Stenus* (من رتبة غمدية الأجنحة) على سيقان الأعشاب التي تحد جداول المياه الجبلية وهي في هذه الأرضاء تقع في الماء . ويمكن لهذه الحنافس أن تمشي على سطح الماء ولكن ببطء . وينتج التحرك السريع لهذه الحشرات بإفراز مادة من الغدد الذيلية التي تفتح تحت الترجة البطنية الأخيرة . وهذه المادة تُخفض التوتر السطحي للماء الموجود خلف الحشرة وبالتالي تتجه الحشرة للماء بواسطة التوتر السطحي العالي الموجود في الأمام . ويمكن للحشرة أن توجه حركتها بواسطة حركة بطنها من جانب لجانب .

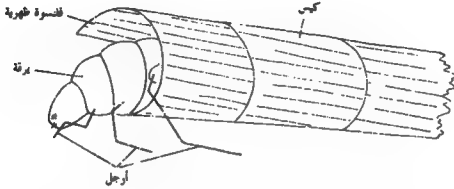
٩-٥ الحركة تحت الماء Movement under water

يتأثر نشاط الحشرات المائية بطرق تنفسها .. الحشرات التي تعيش دائماً مغمورة في الماء وتنفس بالخياشيم تكون كثافتها أعلى بكثير من كثافة الماء ويمكنها أن تتحرك بحرية على قاع البيئة التي تعيش فيها ، أما أثناء العوم فإنها تُنتج قوة رافعة لتقلعها من القاع . كثير من الحشرات الأخرى تأتي إلى سطح الماء بهدف تجديد تزويد الهواء الخاص بها ثم تُغمر مرة أخرى مع مغزون هوائي يساعدها على الطفو . أثناء السباحة يحدث التوازن للطفو والتغلب عليه بواسطة قوى الدفع . وفي قليل من الحشرات مثل يرقات *Chaoborus* (من رتبة ثنائية الأجنحة) ، *Anisops* (من متفائرات الأجنحة) يمكن التحكم في طفوها وبالتالي يمكن أن تظل معلقة في منتصف عمق الماء .

٩-٥-١ الحشرات التي تعيش في القاع

الحشرات التي تعيش في القاع *Aphelochetus* (من رتبة متفائرات الأجنحة والبرقات التابعة لرتبتي الرعاشات ، شعيرة الأجنحة *Trichoptera* يمكنها أن تمشي على سطح القاع بنفس الطريقة التي تمشي بها الحشرات الأرضية . وتستعمل يرقة *Limnephilus* (من رتبة شعيرة الأجنحة) أساساً الثلاث التبادلية الخاصة بتدعيمها ولكن نظراً لعدم انظام السطح يصبح شكل الخطوات غير منتظم . وقد تخطو الأرجل الأمامية مع بعضها بدلاً من التبادل وقد تتبع الأرجل الخلفية نفس الشكل . وفي العادة تأتي القوة اللازمة للمشي من الجر بواسطة الأرجل الأمامية

والوسطى ومن الدفع بواسطة الأرجل الخلفية ، ولكن تحت الظروف الصعبة قد تمتد الأرجل الخلفية للأمام إلى أن تصبح خارج الأرجل الوسطى وبالتالي تساعد الأرجل الأخرى في دفع الرقعة للأمام (تندال Tindall عام ١٩٦٣) .



(شكل ٩-١٤) رسم توضيحي لبرقة حشرة *Trienodes* وهي داخل كبس (من تندال ١٩٦٤)

في حشرة *Trienodes* التي تسكن قاع ثلاء يُبنى الغلاف البرقي من مواد نباتية ترتب على شكل لولب أو حلزون ، وتغمد التنية الأخيرة من الحلزون من الناحية الظهرية بجانب باقي الغلاف . (شكل ٩-١٤) . ويعتبر انوضع الظهرى عاماً إلا إذا أُعيقَت حركة أرجل الموم الخلفية ، وفي هذا الوضع تدعم قوة السحب التي تحمل الغلاف من القاع . وينحكم في هذا السحب حركة الأرجل (تندال Tindall عام ١٩٦٤) .

يمكن ليرقات *Anisoptera* أن تمشي عبر الوسط الذي تعيش فيه باستعمال أرجلها ولكنها تقدر على إحداث حركات فزارية بواسطة تدفيع أثناء سرعة خارج السلة المتفرعة وبذلك يندفع الجسم إلى الأمام . وتؤدي السلة المتفرعة على انقباضات طولية وأخرى بطنية ظهرية للبطن وتكون هذه الانقباضات أقوى مما يمكن في الحلقات من السادسة إلى الثامنة والتي تقع فيها السلة المتفرعة . وقبل حدوث الانقباض تُغلق الصمامات الشرجية ثم تُفتح ببطء تاركة فتحة مساحتها حوالي ٠,٠١ ملمتر مربع . وتستغرق الحركة الانقباضية حوالي ٠,١ ثانية ثم يندفع الماء من خلال فتحة الشرج بسرعة تقدر بحوالي ٢٥٠ سم/ ثانية دافعاً البرقة للأمام بسرعة تتراوح ما بين ٣٠ إلى ٥٠ سم/ ثانية . وعندما تنقبض البطن تنكمش الأرجل مسببة حدوث الحد الأدنى من المقاومة أثناء الحركات الأمامية . (هويس Hughes عام ١٩٥٨) . ويتضمن التنسيق وجود الألياف العنقائية التي تسير في الحبل العصبي البطني .

الفصل العاشر

الأجنحة

THE WINGS

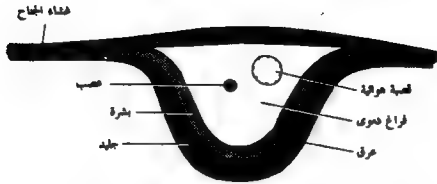
نجاح الحشرات كحيوانات أرضية يرجع جزئياً على الأقل إلى قدرتها على الطيران . من الناحية النموذجية يكون للحشرات الكاملة زوجان من الأجنحة المتفصلة مع الصدر المتكونة من فصوص مقلطحة من جدار الجسم ويدعمها عروقي مجوفة . تتحور الأجنحة بطرق مختلفة وغالباً ما يكون الجناحان الأماميان أكثر صلابة من الجناحين الخلفيين ويعملان على حماية الجناحين الآخرين . في بعض الحشرات لا يعتمد زوجا الأجنحة على بعضها أثناء الطيران وتعتبر هذه الحالة عدم كفاية نسبية للأجنحة كما يظهر ببعض الحشرات زوج واحد فقط من الأجنحة وينتج ذلك عن فقد الزوج الآخر من الأجنحة ، أو كما في معظم الحشرات يحدث اقتران جناحي كل جانب مع بعضهما وبالتالي يعملان كجناح واحد . عند قاعدة الجناح توجد صُلْبَات صغيرة تتفصل مع الصدر وتسمح ليس بحركة الأجنحة أثناء الطيران فحسب بل وبثني هذه الأجنحة للخلف على الجسم عند الراحة . توجد أيضاً أعضاء حس عند قاعدة الجناح تختص بالتحكم في حركات الجناح ، أما في الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة فإن الجناح الخلفي يصبح متحوراً بكامله إلى عضو حسي .

وتقع العضلات المحركة للجناح في مجموعتين : الأولى تنفّس مباشرة في قاعدة الجناح ، والثانية تحرك الجناح بطريقة غير مباشرة بانحراف الصدر .

١-١٠ ظهور وتركيب الأجنحة Occurrence and structure of wings

تظهر الأجنحة تامة النمو وكاملة الوظيفة في الحشرات الكاملة فقط بالرغم من وجود نموات جناحية في الأطوار غير الكاملة مثل الحوريات . أما في يرقات الحشرات ذات التطور التدريجي فإن الأجنحة تُرى كوسائد خارجية ، بينما تنمو للدخول وتصبح غير مرئية في الحشرات ذات التطور الكامل .

ويستثنى مما سبق الحشرات التابعة لرتبة ذباب مايو حيث توجد أجنحة كاملة التكوين في طورين . وتنتسج حوريات العمر الأخير إلى حشرة في طور ما قبل الحشرة الكاملة الذي يشبه الحشرة الكاملة ما عدا احتوائها على أجنحة مهدبة وشفافة قليلاً فضلاً على وجود أرجل أقصر من تلك الموجودة في الحشرة الكاملة . ويمكن لهذه الحشرة أن تطير طيراناً قصيراً بعده تتسلخ وتخرج الحشرة الكاملة ، وأثناء هذا الانسلاخ يفصل جليد الأجنحة مع باقي جليد جدار الجسم .



(شكل ١٠-١) رسم توضيحي لجزء من جناح يضمن قطاع عرضي لى عروق

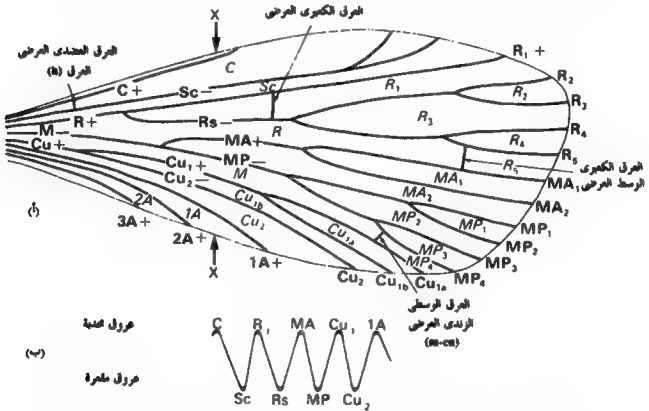
تظهر الأجنحة تامة التكوين في كل الحشرات رقيقة وقوية وتخرج من الناحية الظهرية الجانبية من بين البلورا والصفايح الظهرية (الترجات) للحلقتين الصدريتين الوسطى والخلفية. يتكون كل جناح من غشاء رقيق مدعم بعروق أنبوية، ويتكون الغشاء من طبقتين من جدار الجسم منضمتين مع بعضهما، بينما يتكون العروق عندما تنفصل هاتان الطبقتان في بعض الأماكن ويكون الجليد أكثر تصلباً (شكل ١٠-١). يوجد في العروق الأساسية عصب وقصب هوائية، وحيث إن تجاويف العروق تكون متصلة بتجويف الجسم فإن الهيمولف يمكنه الدوران حول الجناح.

في بعض مجاميع الحشرات يوجد على الحافة الأمامية للجناح بقعة صلبة تسمى العلامة الجناحية Pterostigma (شكل ١٠-٤). وتوجد على كلا الزوجين من الأجنحة في الحشرات التابعة لرتبة الرعاشات وعلى الأجنحة الأمامية فقط في كثير من الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة Mecoptera، Psocoptera، Megaloptera. ويوجد على طول الحافة الخلفية للجناح بالقرب من قاعدته أنبوية مجوفة تسمى الحبل الإبطي Axillary Cord الذي يخرج من الزاوية الخلفية الجانبية للصفحة الظهرية (الترجة) (شكل ١٠-٤). ويعمل هذا الحبل على تقوية حافة الغشاء وكفانة في بعض الحشرات لعودة الهيمولف من الأجنحة إلى الصدر.

١٠-١-٩٠ التعريق

في كثير من الحفريات يتكون تعريق أجنحة الحشرات من شبكة غير منتظمة تعرف باسم النموذج القديم Archedictyon. ومن المحتمل استمرار ذلك إلى الحشرات الموجودة الآن والذي يظهر على هيئة شبكة من العروق في أجنحة الحشرات التابعة لرتبة الرعاشات وعند قاعدة الأجنحة الأمامية للحشرات التابعة لفوق عائلتي Acridoides، Tettigonioides ولكن في معظم الحشرات الحية يتكون التعريق من عدد من العروق الطويلة الواضحة التي تسر على طول الجناح وترتبط بعدد مختلف من العروق العرضية. ومن المحتمل وجود تجانس للعروق الطويلة الموجودة في أجنحة رتب الحشرات المختلفة وذلك يمكن أن يقود إلى ترتيب فرضي أساسي (شكل ١٠-٢١). وهذا التجانس يؤسس على دراسات الحفريات الحشرية ووجود وترتيب القصبات الهوائية في العروق وشكل

ووضع العروق وارتباطها مع الصليبات الإبطية . بالإضافة إلى ذلك فإن أجنحة الحشرات التابعة للرتب الدنيا يظهر بصورة منشية على هيئة مروحة (شكل ١٠ - ٢ ب) . ويُسمى العرق الموجود على قمة الشنية باسم المخدّب (والمشار إليه بالعلامة + في شكل (١٠ - ٢ أ) . بينما يُسمى العرق الموجود في المنخفض باسم المقعر (والمشار إليه بالعلامة - في الشكل (١٠ - ٢ أ) . كما قد ترتبط أعضاء حس شبيهة بالشعيرات مع كل عرق وقد تستمر هذه الشعيرات في غياب العرق وبالتالي فإنه كيفما يكون العرق مقعراً أو محدباً فإن صفوف أعضاء الحس الشبيهة بالشعيرات تساعد على وجود تجانس العروق في الحشرات المختلفة .



(شكل ١٠ - ٢) أ - شكل توضيحي للفرع الرئيسي من العروق العرقية الرئيسية وأسماء الخلايا (داخل المثلث)
ب - قطاع عند $x-x$ في شكل (أ) يوضح العروق المحدبة والمقعرة مع التحديد الزائد لنطاق الصليبات

أما الفروق الطولية الأساسية من الحافة الأمامية للجناح إلى الخلف فهي كالآتي :

العرق الضلعي $Costa$ (ويرمز له بالرمز C أو C) ويقع على الحافة الأمامية للجناح أو خلفها مباشرة .

العرق تحت الضلعي $Subcosta$ (ويرمز له بالرمز Sc أو Sc) وقد ينقسم إلى فرعين .

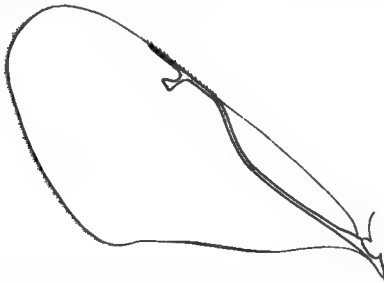
العرق الكفري $Radius$ (ويرمز له بالرمز R أو R) وينقسم إلى فرعين أساسيين هما R_1 والقطاع الكفري (R_2 أو R_2) ، وهذا الأخير يتفرع إلى أربعة فروع هي K ، K ، K ، K .

العروق الوسطى *Media* (ويرمز لهم بالرمز *أو M*) وينقسم إلى العرق الوسطى الأمامى (*أو MA*) الذى يتفرع إلى فرعين هما *أو ١* ، *أو ٢* ، والعرق الوسطى الخلفى (*أو MP*) وله أربعة فروع هى *أو ١* ، *أو ٢* ، *أو ٣* ، *أو ٤* ،

العرق الزندى *Cubitus* (ويرمز له بالرمز *أو Cu*) ويتفرع إلى فرعين هما *أو ١* ، *أو ٢* وقد يتفرع بعد ذلك *أو ٣* ، *أو ٤* ، *أو ٥* ، *أو ٦* .

العرق الشرجى *Anal* (ويرمز له بالرمز *أو A*) وهو يتكون من ثلاثة عروق منفصلة عن بعضها هى *أو ١* ، *أو ٢* ، *أو ٣* وتوجد عروق عرضية *Cross-Veins* التى تربط العروق الطولية بعرض الجناح . وتختلف العروق المرضية فى العدد والوضع ولكن عادة توجد العروق المرضية الموضحة فى شكل (١٠ - ٢) وتوجد أجنحة أعداد كثيرة من الحشرات ، وبالطبع فهى العروق غير متجانسة فى رتب الحشرات المختلفة .

تحدث تحورات فى التعريق القاعدى فمثلاً يوجد الفرعان الأساسيان للعرق الوسطى فى كثير من حشرات الحشرات *أو ١* ، حشرات رتبة ذبابة مايو الموجودة حالياً وكذلك فى حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة (*Ragge* عام ١٩٥٥) ولكن فى معظم الحشرات الحية يُفقد العرق الوسطى الأمامى (*أو ١*) ، ويستثنى من ذلك الحشرات التابعة لرتبة الرعاشات حيث يُفقد العرق الوسطى الخلفى (*أو ٢*) . قد يحدث إختزال فى التعريق إما بضمور كامل لعرق ما أو باندماجه مع عرق آخر ، وفى كلتا الحالتين يمكن حصر العروق فى جناح حشرة ما وتحديدها بدراسة مجموعة من الحشرات المقاربة لها أو المشابهة لها . وفى بعض الحشرات الصغيرة جداً قد يحدث إختزال للتعريق بدرجة كبيرة فمثلاً فى الحشرات التابعة لعرق عائلة *Chalcidoiden* يوجد فقط العرق تحت الضلعي وجزء من العرق الكمبرى (شكل ١٠ - ٣) ، ومن ناحية أخرى قد يحدث زيادة فى التعريق بتفرع العروق الموجودة لتنتج عروق مساعدة ، أو بنمو عروق إضافية زائدة بين العروق الموجودة كما فى الجناح الخلفى للحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة . كما توجد أيضاً أعداد كبيرة من العروق العرضية فى بعض الحشرات مثل تلك التى تتبع رتبة الرعاشات .

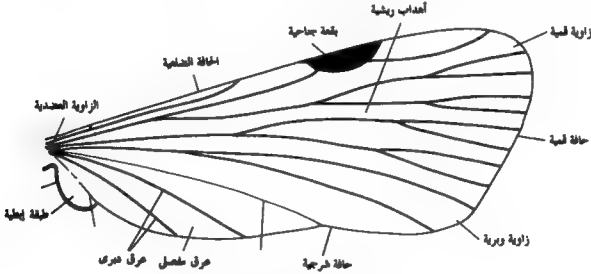


(شكل ١٠-٣) الجناح الأمامى لحشرة *Perilampus* (هشاشة أجنحة) توضح الإختزال الزائد للتعريق (من Classen - ١٩٦٢)

١٠-٩-٢ مساحات الجناح

لإعطاء الحد الأقصى من الكفاءة والدعم للجناح أثناء الطيران تتركز العروق الطولية ناحية الحافة الأمامية للجناح وتسمى المساحة الأمامية وخلف هذه المنطقة توجد مساحة مدعمة بالعروق الشرجية فقط تسمى المساحة الشرجية ، وتنفصل هاتان المساحتان عن بعضهما بالثنية الشرجية التي تقع قبل أو خلف العرق الشرجي الأول .

بالقرب من المساحة الشرجية في بعض الحشرات يوجد فص يسمى النتوء الإبطي Jugum . وفي بعض الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة يوجد في هذه المنطقة ثلاثة فصوص منفصلة تقع عند قاعدة الجناح تُعرف من الناحية القريبة إلى الخارج على الترتيب باسم الحشفة الصدرية thoracic والحشفة الجناحية والحشفة الشرجية . وهناك علاقة بين هذه التسميات وتجانس هذه الفصوص فيبدو أن الحشفة الصدرية تُشتق من الحافة الخلفية للصفيحة Scutellum . وتبدو الحشفة الجناحية أنها هي النتوء الإبطي في الحشرات الأخرى ، وتعتبر الحشفة الشرجية جزء من المنطقة الشرجية ، وفي بعض الحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة يوجد فص شرجي ينشئ تحت الغمد ويبدو أنه يرادف النتوء الإبطي في الحشرات الأخرى . وقد سُميت حَوَاف وزوايا الجناح أيضا (شكل ١٠-٤) وتسمى الحافة الأمامية للجناح باسم الحافة الضلعية Costal بينما تسمى الحافة الخلفية باسم الحافة الشرجية Anal أما الحافة الخارجية فيطلق عليها اسم الحافة القمية Apical وتسمى الزاوية المحصورة بين الحافتين الضلعيتين والقمية باسم الزاوية القمية ، أما الزاوية التي تقع بين الحافتين الخارجية والشرجية فتسمى الزاوية الشرجية بينما تسمى الزاوية التي تقع عند قاعدة الجناح باسم الزاوية العضدية Humeral .



(شكل ١٠-٤) رسم توضيحي بين بعض ملامح الجناح

١٠-٩-٣ حجيرات الجناح

تقسم العروق المساحة الجناحية إلى مجموعة من الحجيرات (شكل ١٠-٢) . وإذا كان عرق ما ضامراً فإن الحجيرة الناتجة تضم الحجيرتين الأصليتين (مثل الحجيرة الكهربية الوسطية ويرمز لها بـ $R+M$ أو $R+M$) ، ولكن

وجود عروق إضافية ينتج عنه اختفاء الحجيرة بينهم . وتسمى الحجيرة المحاطة بالكامل بالعروق باسم الحجيرة المغلفة بينما تسمى الحجيرة الممتدة إلى إحدى حواف الجناح باسم الحجيرة المفتوحة .

Modifications of the wings ٢-١٠ تحورات الأجنحة

١٠-٢-١ غشاء الجناح

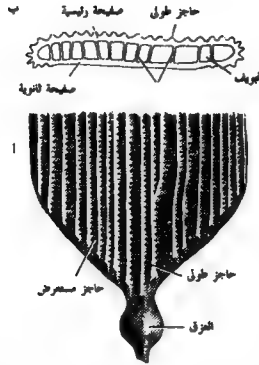
من الناحية المورفولوجية يكون الجناح شبه شفاف كما في الحشرات التابعة لرتبتي الرعاشات وغشائية الأجنحة . ومثل هذه الأجنحة غالباً ما تظهر تلوّن قرحى نتيجة لتراكيبها ولكن في بعض الأحيان وبالإضافة إلى ما سبق تظهر بعض الصفات التي توجد في خلايا البشرة ويظهر ذلك في بعض الحشرات التابعة لرتبة Mecoptera وعائلة Tryptetidae . بينما في كثير من الحشرات التي تمتاز أجنحتها الأمامية بالصلابة (مثل الحشرات التابعة لرتبتي مستقيمة وغمدية الأجنحة) تصبغ الأجنحة الأمامية كلها .

١-٢-٢ الشعرات والحراشيف على الفشاء

يوجد على سطح غشاء الجناح دائماً أشواك صغيرة ليس لها تغذية عصبية تسمى الشعيرات الدقيقة . ومن الناحية النموذجية تتأخم الشعيرات الحسية العروقي ، ولكن مثل هذه الشعيرات في الحشرات التابعة لرتبة Trichoptera تسمى الشعيرات الكبيرة وتغطي جميع غشاء الجناح .

في الحشرات التابعة لرتبة حرشفة الأجنحة تغطي الأجنحة بمحراشيف تختلف في شكلها من تراكيب تنسج الشمرات إلى صفائح مفلطحة (شكل ١٠-١٥) وغالبا ما تغطي المحراشيف جسم الحشرة كما تغطي أجنحتها . تتكون الحرشفة المفلطحة من صفحتين بينهما فراغ هوائي . وتكون الصفحة السفلية (المواجهة لغشاء الجناح) ناعمة وملساء بينما تكون الصفحة العلوية مجمعة طوليا في الغالب . وتدعم كلتا الصفحتين بالدعام الداخلية التي تُسمى الحواجز الصغيرة (شكل ١٠-١٥ب) . تنفخ المحراشيف في مجاميف الغشاء الجناحي وتعمل على السطح مشكلة زاوية معه وتتداخل مع بعضها مكونة غطاء كامل . في الحشرات التابعة لرتبة حرشفة الأجنحة البدائية تترتب المحراشيف عشوائيا على الجناح بينما في الحشرات التابعة لفوق عائلة Papilionoiden مثلًا فإنها في صفوف . تعتبر الصفيفات الموجودة في المحراشيف هي المسؤولة على الألوان في كثير من المحراشيف . ول أمثلة أخرى تنتج الألوان الفيزيائية من تركيب الحرشفة نفسها . وترتبط بعض المحراشيف الخاصة بهذا ، بينما قد يكون للمحراشيف أهمية أيضا كتلطيف تدفق الهواء فوق الأجنحة والجسم . وللمحراشيف أهمية على الجسم حيث تعمل كطبقة عازلة تساعد على ضبط درجة الحرارة العالية للمصدر .

توجد المحارشف أيضاً على عروق الأجنحة وجسم حشرات البعوض التابعة لعائلة Culicidae وعلى أجنحة بعض الحشرات التابعة لرتبة Psocoptera وقليل من الحشرات التابعة لرتبة شعبة الأجنحة (Trichoptera) وغمدية الأجنحة.



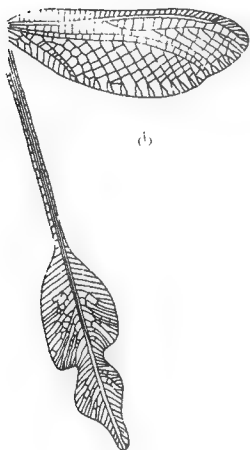
الشكل ١٠-٥ - أ - الصند القاعدي خرسفة غودسية لحشرة من حرشيات الأجنحة
ب - قطاع عرضي في خرسفة (عن Bourgaon ١٩٥١)

١٠-٣-٣ شكل الجناح

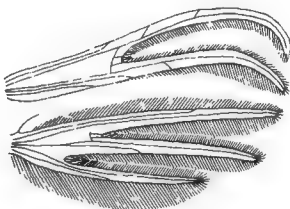
في الحشرات التابعة لرتب الرعاشات ، ومتساوية الأجنحة ، Mecoptera ، وذكور رتبة Embioptera يتأصل زوج الأجنحة في الشكل وتشبه في الشكل المثلثات المتساوية تقريباً ولكن في معظم الجماهير الأخرى من الحشرات يشد زوج من الأجنحة عن الشكل الأماسي . والحشرات التابعة لرتب Plecoptera ، الصراصير وفرس النبي ، مستقيمة الأجنحة تحتوى على فصوص شرجية كبيرة وبالتالي فهي أوسع عموماً من الأجنحة الأمامية . في بعض الأحيان يكون للأجنحة الخلفية تنوء من الحافة الخلفية كما في أبق دقيقات ذات الذنب الخطافي وبعض الحشرات التابعة لعائلة Lycenidae ، بينما في الحشرات التابعة لعائلة Nemopteridae تكون الأجنحة الخلفية على هيئة شرائط أسطوانية وتتدل للمخارج خلف الحشرة . وتحدث في الأجنحة الخلفية لبعض الحشرات التابعة لعائلة Zygadenidae نحورات شبيهة بالسابقة .

في بعض الأحيان تكون الأجنحة الخلفية صغيرة جداً كما في الحشرات التابعة لرتب ذباب مايو وغشائية الأجنحة وذكور عائلة Coccidae ، بينما في بعض الحشرات التابعة لرتبة ذباب مايو مثل Cloeon وبعض ذكور عائلة Coccidae تكون الأجنحة الخلفية غائبة . وتنحور الأجنحة الخلفية في الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة لشكوك دبابيس الإفران ، بينما في ذكور الحشرات التابعة لرتبة Strepsiptera تشكل الأجنحة الأمامية تراكيب تشبه الذميل (الكرتان المرتبطان عرضياً برباط) ، شكل (١٠-٤) .

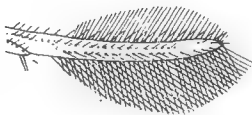
في بعض الأحيان تكون حدود الأجنحة غير منتظمة كما في حشرة *Polygonia-c-album* (من رتبة حرشفية الأجنحة) . ففي الحشرات التابعة لعائتي Orneodidae, Pterophoridae تكون الأجنحة مشقوقة بعمق ، وتنقسم إلى عدد من الفصوص المهدبة بمحاشيف (شكل ١٠-١٦) . يظهر تهذيب الأجنحة بصفة عامة في الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة وفي البعوض التابع لعائلة Culicidae . وتكون أجنحة الحشرات الصغيرة جداً مخنزلة إلى شرائط عادة وبها عرق واحد أو اثنان فقط كدعامة وأهداب طويلة على هيئة شعيرات (شكل ١٠-٦ ج) ، ويظهر ذلك في الحشرات التابعة لرتبة Thysanoptera وفي عائتي Mymaridae, Trichogrammatidae (التابعتين لرتبة غشائية الأجنحة) وفي بعض الحشرات الصغيرة التابعة لفوق عائلة Staphylinodea (التابعة لرتبة غمدية الأجنحة) .



(أ)



(ب)



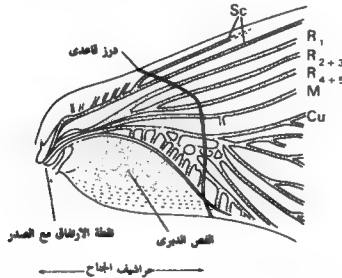
(ج)

(شكل ١٠-١٠) أ - أجنحة حشرة *Oligotoma* (شبكة الأجنحة) (عن كومستوك ١٩١٨)

ب - أجنحة حشرة *Alucida* (حرشفية الأجنحة) (عن بورجونج ١٩٥١)

ج - جناح أمامي لحشرة *Enthrips* (سيزانوفيرا) (عن برنسون ١٩٥١ ب)

في بعض الحشرات يُختزل زوجا الأجنحة ويطلق على تلك الحشرات اسم قصيرة الأجنحة *Brachypterous* أو دقيقة الأجنحة *Micropterous* ، ويحدث ذلك مثلاً في بعض الحشرات التابعة لرتبتي مستقيمة ومتغايرات الأجنحة . تنتشر حالة عدم وجود الأجنحة بالكامل *Apterous* ، أيضاً توجد في الحشرات البدائية التي يطلق عليها عديمة الأجنحة *Apterygota* ، بينما في رتب الحشرات المتطفلة خارجياً مثل رتب القمل القارض والقمل الماص والبراغيث يكون فقدان الأجنحة ثانوياً . وتنتشر ظاهرة فقدان الأجنحة في معظم رتب الحشرات الأخرى ولكنها لا تحدث بوضوح في رتبتي الرعاشات وذباب مايو . في بعض الأحيان يكون كلا الجنسين عديم الأجنحة ولكن في حالات أخرى يكون الذكر مجنحاً والأنثى هي التي تفقد أجنحتها ، ويوجد ذلك في حالة الحشرات التابعة لعائلة *Coccidae* ، *Mutitidae* وبعض الأنواع التابعة لعائلة *Chalcididae* والحشرات التابعة لرتبة *Strepsiptera* . وفي الغل والحمل الأبيض تكون الأفراد الحسبة فقط هي المجنحة ، وبعد طيران الزفاف تفقد هذه الأفراد أجنحتها وذلك بتفسيخها بواسطة الدرز القاعدي وبالتالي لا يبقى إلا حراشيف الجناح (شكل ١٠-٧) . ويتم التفسيخ بعده طرق ، ولكن في الغل الأبيض تقف الحشرة وترجع جناحها على الأرض ثم تفسخه بواسطة تحريكه حركات اهتزازية من قاعدته إلى أن يفصل ، وبعد تمام انفصاله تبدأ عضلات الطيران في الحشرة في الضمور .

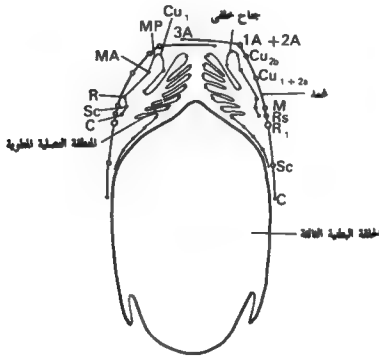


(شكل ١٠-٧) قاعدة جناح الغل الأبيض بين الدرز القاعدي الذي يصف بعد الجزء السفلي من الجناح (عن جرابه ١٩٤٩)

تختلف تطور ونمو الأجنحة داخل حشرات النوع الواحد باختلاف العوامل الجغرافية أو الموسمية . ويحدث تعدد أشكال الأجنحة في مجاميع حشرية مختلفة ، ولكنه يظهر بصورة جلية خاصة في الحشرات التابعة لمغايرات الأجنحة . فمثلاً يكون لحشرة *Gerris lacustris* جيلان في العام في بريطانيا ، جيل الشتاء ويكون لحشرات أجنحة كبيرة وكاملة بينما يخفى جيل الصيف على نسبة عالية من الأفراد ذات الأجنحة الدقيقة . وفي هذه الحالة يتحدد طول الجناح بدرجة كبيرة بالعوامل البيئية وبدرجة أقل بالمزول الوراثي .

١٠-٢-٤ وظيفة الحماية للأجنحة الأمامية

تصبح الأجنحة الأمامية لكثير من الحشرات متصلة تماماً ودرجة أكثر من الأجنحة الخلفية وتعمل على حماية الأجنحة الخلفية حيث تنثنى فوقها عند الراحة (شكل ١٠-٨) . وتتطور الأجنحة الأمامية بهذه الطريقة إلى ما يعرف باسم الأغلفة Tegmina أو الأغصاد Elytra . وتوجد الأغصاد الجلدية leathery في الحشرات التابعة لرتب مستقيمة وجلدية الأجنحة والصراصر وفرس النى ، بينما يتصلب الجزء القاعدي من الجناح فقط في متغابرات الأجنحة وتعرف باسم نصفية الغمد Hemelytra (شكل ١٠-٩) . وينقسم الجزء القاعدي من الجناح نصف الغمدى إلى مناطق بواسطة العروق الواضحة ، حيث تُعزَل الحافة الضلعية وتنقسم إلى الجزء القريب من القاعدة embolium والجزء البعيد التودى Cuneus ، أما الجزء المركزى من الجناح فيسمى الجزء القرني Cornium ، وتعزل الحافة الشرجية وتسمى الجزء الثبوتى Clavus . وفي الحشرات التابعة لعائلة Lygaeidae يمكن تمييز الجزء القرني والجزء الثبوتى فقط .



(شكل ١٠-٨) قطاع عرضى ل بدن حشرة Dactyloscirtus (مستقيمة الأجنحة) بين الأجنحة الخلفية مطوية تحت الغمد (من يوفارون ١٩٦٩)

تتصلب الأغصاد بشدة في الحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة وبذلك يفقد تمرير الأجنحة بالرغم من أنه من الممكن ظهور هذا التمرير من الداخل عن طريق ترتيب القصبات الهوائية .

وينفصل سطح الغمد العلوى والسفلى بواسطة الفراغ الدموى الذى يمر عبره الأعمدة الجلدية التى تسمى الحواجز الصغيرة Trabeculae والتى تترتب في صفوف طولية وتلاحظ من الخارج بواسطة صفوف من التخطيطات

من الناحية البدائية ، يوجد ثمانية من هذه التخطيطات وقد يزداد هذا العدد في بعض الحشرات التابعة لرتبة Adephaga . ولا تتداخل أغماد الخنافس عند الخط الوسطى ولكنها تُمسك مع بعضها برباط لساني مجوف ، بينما تلصق الأغماد مع بعضها في بعض الحشرات التابعة لمائلات Curculionidae ، Ptinidae ، وبالتالي فإنها لا تفتح وفي هذه الحشرات تضمر الأجنحة الخلفية أيضاً . على الحيوانات تنعكس الأغماد دائماً إلى أسفل ويُسمى الجزء الرأسي باسم فوق البلورا Epipleuron بينما يُسمى الجزء الألفي باسم القرص Disc .

١٠-٢-٥ إنتاج الصوت

في مجاميع مختلفة من الحشرات تتحور الأجنحة لإنتاج الصوت . وقد تؤدي الأجنحة هذه الوظيفة إذا ما كانت لا تستخدم بصورة فعالة في الطيران

١٠-٣ تشابك الأجنحة Wing coupling

تتحرك أجنحة معظم الحشرات نتيجة حركة الصدر ، ولكونهم جميعاً مرتبطون تماماً ببعضهم فإن حركة حلقة من حلقات الصدر تؤثر بالضرورة على الحلقة الأخرى . وبالتالي من غير الممكن أن تحدث ضربات للجناحين الأمامي والخلفي دون اعتماد أحدهما على الآخر ، وفي الحشرات التابعة لرتبتي مستقيمة الأجنحة والرعاشات حيث لا تتشابك الأجنحة ، فإن كلا الزوجين من الأجنحة يتذبذبان بتواتر متساو ، كما أن ضربات الجناح الخلفي تكون متقدمة أكثر من ضربات الجناح الأمامي . ويتضمن مثل هذا الارتباط الآلي للأجنحة توقيت السيالات العصبية لمعضلات الطيران .

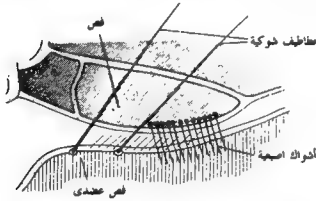
ويظهر أن نظام الجناحين في الحشرة يكون أكثر كفاءة من نظام الأربعة أجنحة ، وفي معظم الحشرات يكون الإرتباط الآلي للأجنحة مقترناً بالإرتباط التشريحي للأجنحة الأمامية والخلفية وبالتالي يتحركون معاً كوحدة واحدة .

قد يأخذ ارتباط الأجنحة عدة أشكال ولكن في كثير من الأنواع توجد فصوص أو أشواك عند قاعدة الجناح . وقد وجد الترتيب البدائي في بعض الحشرات التابعة لرتبة Mecoptera من عائلة Choristidae حيث يوجد فص قاعدي إبطي عند قاعدة الجناح الأمامي وفص عضدي Humeral عند قاعدة الحافة الضلعية للجناح الخلفي ، ويتصل بكلا الفصين شعيرات ، وتُسمى تلك التي توجد على الفص العضدي باسم الهلب Bristles (شكل ١٠-٩) وبالرغم من إنها لا تساعد على تشابك الأجنحة إلا أنها تتداخل تمنع حركات الأجنحة غير المطلوبة . من هذا المزوج نُشتق نماذج أخرى لارتباط الأجنحة في الحشرات الأخرى من رتبة Mecoptera ، والرعاشات ، حشرقة وشعيرة الأجنحة (تيلارد Tillyard عام ١٩١٨) .

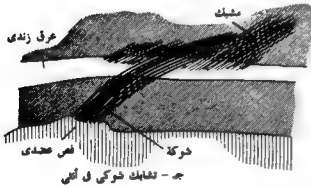
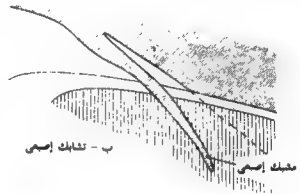
في الأنواع المُسيئة من الحشرات التابعة لرتبة شعيرة الأجنحة يوجد الفص القاعدي الإبطي فقط على الجناح الأمامي ويرقد على قمة الجناح الخلفي ولذلك لا تعتبر ميكانيكية الارتباط في هذه الحالة ذات كفاءة عالية ولكن الحشرات التابعة لمائلة Haplidae لها فص قاعدي إبطي قوي الذي يوقد تحت الحافة الضلعية للجناح الخلفي حيث يحجز الأخير بين الفص القاعدي الإبطي والجناح الأمامي أثناء الراحة شكل (١٠ - ٩ ب) .

وتسمى آلة شبك الأجنحة في هذه الحالة باسم النوع المتراكب . وفي الحشرات التابعة لعائلة Micropterygidae ينشئ الفص القاعدي الإبطي تحت الجناح الأمامي ويحتجز الأشواك المسماة بالهلب الشوكي وهذا النموذج من شبك الأجنحة يطلق عليه اسم النوع المتراكب الشوكي Jugo-Frenate

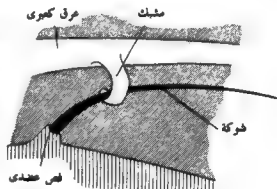
في كثير من الحشرات الأخرى التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة توجد شوكة واحدة قوية Fernulum نامية بدرجة عالية وتدخل مع المشبك retinaculum على الناحية السفلية للجناح الأمامي وبالتالي يحدث ارتباط متين للأجنحة . في إناث الفراشات التابعة لعائلة Noctuidae يوجد عدد من الأشواك (الهلب الشوكي) يتراوح ما بين ٢ - ٢٠ شوكة ومشبك retinaculum مكون من شعيرات تنحى للأمام على الناحية السفلية للعرق الذراعى . (شكل ٩-١٠ ج) . وتلتحم أشواك الهلب مع بعضها في الذكر مكونة شوكة واحدة قوية أما المشبك retinaculum فيكون على هيئة مشبك جلدي يخرج من أسفل العرق الكعبري (تليارد Tillyard عام ١٩١٨) أو العرق تحت الضلعي (بورجونج Bourgonje عام ١٩٥١) (شكل ١٠-١١ د) تتشابه الأجنحة في الحشرات التابعة لرتبة Thysanoptera بنفس الطريقة السابقة بواسطة أشواك خطافية على قاعدة الجناح الخلفي حيث تقبض على التنية الغشائية الموجودة في الجناح الأمامي . تتشابه الأجنحة في الحشرات التابعة لفوق عائلة Papilionoidea وبعض الأنواع التابعة لفوق عائلة Bombycoidea بقوة المساحة الواسطة المتداخلة بين الجناحين ويحدث نفس النظام في بعض الحشرات التابعة لرتبة شعربة الأجنحة مع حدوث بعض التحورات في طريقة التشابك .



١ - نموذج بدائي في ميكوبترا



ج - تشابك شوكتي في أنثى



د - تشابك شوكتي في ذكر

(شكل ٩-١٠) ميكانيكية تشابك الجناح

تشابه أجنحة حشرات أخرى بطرق أخرى حيث ترتبط الحافة الضلعية للجناح الخلفي مع الحافة الشرجية للجناح الأمامي ، ففي الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة يوجد صف من الخطاطيف على طول الحافة الضلعية للجناح الخلفي حيث تشبك مع ثنية في الجناح الأمامي . ويوجد في الحشرات التابعة لرتبة Psocoptera عطفان عند نهاية الفرع الثاني من العرق الذراعي للجناح الأمامي الذي يشبك من على العرق الضلعي للجناح الخلفي ، أما في الحشرات التابعة لتخايرات الأجنحة فيوجد ميزاب قصير ذو حافة لها فرشاة من الشعر على الناحية السفلية للجزء الثبوتي للجناح الأمامي حيث تقبض على الحافة الضلعية للجناح الخلفي . وتظهر الحشرات متجانسة الأجنحة بعض التحورات حيث تشابه الحافة الشرجية للجناح الأمامي مع الحافة الضلعية للجناح الخلفي (انظر بيسون Person عام ١٩٥١ - أ) .

هناك حشرات أخرى تصبح ذات جناحين من الناحية الوظيفية وذلك نتيجة اختزال أو فقدان زوج واحد من الأجنحة . ففي الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة وبعض الحشرات التابعة لرتبة ذهاب مايو يؤدي الجناحان الأماميان فقط وظيفتهما الخاصة بالطيران بينما تعتبر الأجنحة الخلفية هي المسؤولة عن الطيران في رتبة الحشرات غشدية الأجنحة . فالأغمد لا تبرز ولكنها تمتد على مستوى مائل يعمل ٣٠ - ٤٥° مع الخط الأفقي للجسم وذلك بمساعدة انقباضات العضلات الخاصة بالطيران ؛ شكل (١٠ - ٩) .

١٠-٤ تفصيل الأجنحة مع الصدر Articulation of the wings with the thorax

تعتبر المنطقة القاعدية من الجناح (حيث يتصل بالصدر) غشائية ويوجد في هذا الغشاء الصليبات الإبطية التي تسمح بحركة الجناح بحرية على الصدر . من الناحية الموضعية توجد ثلاث صليبات إبطية (شكل ١٠-١١) ، الأولى توجد في الغشاء الظهري وتتفصل مع الزائدة الظهرية الصدرية الأمامية من الناحية القريبة ، أما من الناحية البعيدة فإنها تتفصل مع العرق تحت الضلعي والصليبة الإبطية الثانية . أما الصليبة الإبطية الثانية فإنها تمتد إلى كلا الغشاءين وتتفصل من الناحية البطنية مع الزائدة الجناحية البلورية ومن الناحية البعيدة مع قاعدة العرق الكعبري ، كما إنها ترتبط أيضاً مع الصليبة الإبطية الثالثة التي تتفصل مع الزائدة الظهرية الصدرية الخلفية من الناحية القريبة ، أما من الناحية البعيدة فإنها تتفصل مع العروق الشرجية . وتظهر الصليبة الإبطية الثالثة على هيئة حرف Y وتتصل بها عضلة ثنى تنفسم في الدعامة الخاصة بالشكل Y . وفي الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة ومستقيمة الأجنحة ترجد صليبة إبطية رابعة بين الزائدة الظهرية الخلفية والصليبة الإبطية الثالثة .

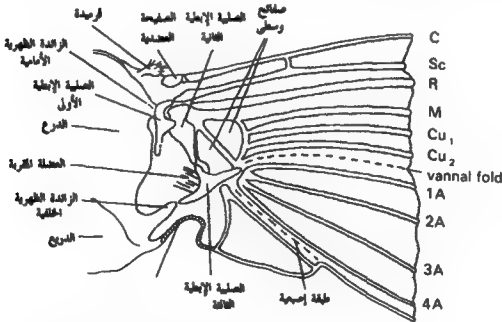
بالإضافة إلى الصليبات الإبطية توجد صفائح أخرى في قاعدة الجناح ، حيث قد توجد صفيحة متوسطة أو اثنتان متصلة بالصليبة الإبطية الثالثة وربما تشكل جزءاً منها ومن هذه الصفيحة أو الصفيحتين يخرج العرق الوسطى والعرق الذراعي . وعند قاعدة العرق الضلعي توجد الصفيحة المضدبة وغالباً ما توجد صفيحة أخرى قريبة من هذا العرق وتشق هذه الصفيحة من حافة الغشاء المفصل وتسمى التجبولا Tegula التي تكون كبيرة جداً وتتداخل مع قاعدة الجناح في الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة ، كما تكون نامية بدرجة كافية في الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة . ونادراً ما تكون التجبولا مرتبط بالجناح الخلفي .

تقدر جميع الحشرات الموجودة حالياً في البيئة (ما عدا تلك التي تتبع لرتبتي ذباب مايو والرعاشات) على ثني أجنحتها للخلف فوق الجسم عند الراحة . ومن المتوقع أن عملية الثني ترتبط بدرجة كبيرة بتنقيحات الصليبات الإبطية عند قاعدة الجناح بينما يكون ترتيب هذه الصليبات في رتبة الحشرات التابعة لرتبتي ذباب مايو والرعاشات أكثر بساطة . وتتألف قاعدة الجناح في الحشرات التابعة لرتبة ذباب مايو مع قاعدة الجناح في الحشرات الأخرى (انظر سنودجراس Snodgrass عام ١٩٣٥) ، ولكن في الحشرات التابعة لرتبة الرعاشات توجد صفيحتان كبيرتان متمفصلتان مع الترجة وتُدعَمُ بالمراعين من الزائدة الجناحية البلورية ، وتسمى هذه الصفيائح باسم الصفيائح العضدية والصفيائح الإبطية .

بالرغم من أن حركة الأجنحة على الصدر تتضمن بعض الحركات المفصالية على التواء البلوري ، إلا أن ضخامة الحركة تم في وجود بعض الروابط مثل الرباط المفصل الجناحي في الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة . وهذه الطريقة تمنع مشاكل الاحتكاك والإنزلاق التي تحدث عن المفصلات العادية أثناء حركة الأجنحة بتواتر عال . وتعلق أجنحة الحشرات التابعة لرتبتي غشائية وثلاثية الأجنحة بواسطة رباطين متعارضين (نيفيل Niville عام ١٩٦٥-ج) .

١٠-٥ ثني الأجنحة Wing folding

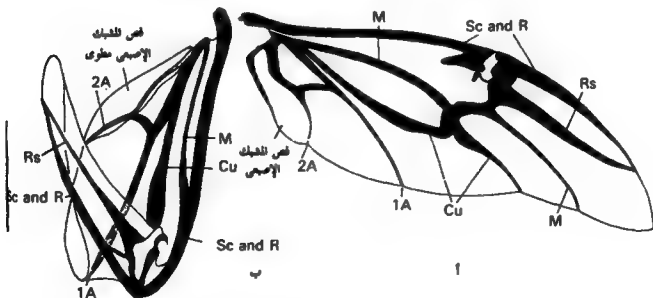
توجد الأجنحة في الحشرات التابعة لرتب متجانسة الأجنحة والرعاشات ، Psocoptera في وضع يشبه السقف على الظهر أثناء الراحة ، بينما تكون هذه الأجنحة في معظم مجاميع الحشرات الأخرى بصورة مفلطحة على الظهر . بالإضافة إلى ذلك تنثنى الأجنحة الخلفية للخلف في حشرات مستقيمة الأجنحة وتنطوي الأجنحة الأمامية للحشرات التابعة لفوق عائلة Vespoidea طولياً .



(شكل ١٠-١٠) رسم توضيحي للمفصل الجناح مع الصدر (محرر عن سنودجراس ١٩٣٥)

تنتج عملية التي بواسطة عضلة تخرج من البلورا وتغمس في الصليبة الإبطية الثالثة بحيث إنه عند انقباض هذه العضلة تدور الصليبة حول محورها التامفصل مع الزائدة الظهرية الخلفية والصليبة الإبطية الثانية . ونتيجة لذلك يدور الذراع البعيد للصليبة الإبطية الثالثة لأعلى ولأسفل وفي النهاية يكون وضعها منعكساً تماماً . وتتمفصل العروق الشرجية مع الصليبة وبالتالي فإنه عند حركتها تصبح هذه العروق منتشية على ظهر الحشرة وتُجذب باقي أجزاء الجناح للخلف بواسطة المنطقة الشرجية أما إمتداد الأجنحة فإنه من المحتمل ينتج من انقباض العضلات المتصلة بالصليبة القاعدية أو تتصل في بعض الحشرات الأخرى بالصليبة تحت الجناحية .

تتثنى أجنحة الحشرات التابعة لرتبتي غمدية وجلدية الأجنحة عرضياً كما تتثنى طولياً وبالتالي يمكنها أن تستريح تحت الأغمداء ويلزم لحدوث الانتشاء العرضي للجناح حدوث تحورات في التعريق ، ففي بعض الحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة لا توجد استعرارية بين الأجزاء القريبة والأجزاء البعيدة للعروق (شكل ١٠-١١) وتنتج عملية التي تلفائياً من تركيب العروق والقدرة على انطوائها . في بعض الأحيان توجد الأجنحة في وضع انطواء لكونها متشابكة مع بعضها أو لكونها مثبتة مع الجسم بإحكام . فمثلاً في الحشرات التابعة لرتبة Psocoptera تُقيد الحافة الضلعية للجناح الخلفي بواسطة النتية الموجودة على البقعة الجناحية Pterostigma للجناح الأمامي . وتتقيد أغمداء الحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة مع بعضها بواسطة تجاويف لسانية ، كما تتقيد أيضاً مع الجسم بواسطة تجويف وسطي طولي في الحلقة الصدرية الخلفية الذي يقيد الحواف الداخلية المنعكسة للأغمداء . أما في الحشرات التابعة لجلدية الأجنحة فإنه يوجد صفوف من أشواك على الحافة الداخلية للغمدة والتي تمسك في أمشاط توجد على الحلقة الصدرية الخلفية بينها في الحشرات المائية التابعة لمخفايرات الأجنحة يوجد وقد أو ملقط على الحلقة الصدرية الوسطى يدخل في نفرة موجودة على حافة الجناح النعلني ، شكل (١٠-١١) .



(شكل ١٠-١١) الجناح في حشرة *Nicholsonella* (غمدية الأجنحة) أ - الجناح مفرد ب - الجناح مطوي

١-٦ أعضاء الحس ودبوس الأتزان Sense organs and the haltere

من المحتمل أن تكون الشعيرات الطويلة الموجودة على طول عروق الأجنحة مستقبلات ميكانيكية مسؤولة عن اللمس ومن المحتمل أن تكون مسؤولة أيضاً عن تدفق الهواء أعلى الأجنحة أثناء الطيران . وعند قاعدة الجناح توجد مجاميع من أعضاء الحس ذات القبوة ، وعادة توجد ثلاث مجاميع على الجانب السفلي للرقق تحت الضلعي وثلاث مجاميع أخرى على الجانب الظهري للرقق الكمبري (أنظر برينجل Pringle عام ١٩٥٧) . وهذه المجاميع لا توجد بصورة واضحة دائماً ، فمثلاً في الحشرات التابعة لعائلة Acrididae ، ورتبة *Blattaria* ، *Plecoptera* لا توجد المجاميع الكمبرية على عروق الأجنحة وعلى مسافة أكثر بعداً توجد أعضاء حس ذات قبوة أخرى منتشرة ومبعثرة وتكون كبيرة ودائرية وليس لها حساسية توجيهية . وتظهر أعضاء الحس في المجاميع القاعدية بيضية الشكل ، وكل مجموعة تتكون من أعضاء حس لها نفس الاتجاه وبالتالي فهي مسؤولة عن حساسية قاعدية الجناح . ويختلف عدد أعضاء الحس في كل مجموعة ففي نمل العسل يوجد حوالي ٧٠٠ عضو حس ذي قبوة عند قاعدة كل جناح أمامي ، بينما في حشرة *Panorpa* (من رتبة *Mecoptera*) يوجد حوالي ٦٠ عضواً حسياً فقط ، وبعض أعضاء الحس هذه (على الأقل) تخص بالتحكم في ثبات الحشرة أثناء الطيران .

بالإضافة إلى أعضاء الحس ذات القبوة توجد أعضاء وترية يصل عددها أربعة وتوجد عند قاعدة كل جناح ، وينغمس واحد من هؤلاء في الرق الضلعي ويخرج من الناحية القريبة عند قاعدة الجناح ، بينما تسير باقي هذه الأعضاء (الثلاثة أعضاء الباقية) في اتجاه مائل عبر الرقنين الكمبري والأوسط وإلى بعض الأحيان عبر الرقق الذراعي أيضاً .

في معظم الحشرات لا توجد مستقبلات ذاتية داخلية بالأجنحة أو عضلاتها ولكن في الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة يوجد بكل جناح مستقبل للتمدد والانسساط وعضو وترى في الصدر مرتبط بقاعدة الجناح . وفي الجراد الصحراوي التابع لجنس *Schistocerca* يمتد مستقبل التمدد والانسساط إلى خلف العضلة تحت الجناحية مباشرة بينما يرتبط العضو الوترى من الناحية البطنية قليلاً (جيتروب Gettrup عام ١٩٦٢) . ويوجد مستقبل التمدد والانسساط في حوريات العمر الثالث ويظهر بصورة متجانسة مع نفس المستقبلات الموجودة في البطن . وقد وجدت هذه المستقبلات في الحشرات التابعة لعائلات *Tettigoniidae* ، *Gryllidae* ، *Acrididae* ولكنها لم توجد في الحشرات التابعة لعائتي *Blattidae* ، *Grylotalpidae* . وهذه المستقبلات تخص بالتحكم في حركة الأجنحة .

دبابيس الأتزان

تتحور الأجنحة الخلفية للحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة لتشكيل دبابيس أتزان والتي هي عبارة عن أعضاء حس تخصص بالمحافظة على ثبات الحشرة أثناء طيرانها . ويتكون كل دبوس أتزان من فص قاعدي وساق وعقدة طرفية *Knob* نهائية التي تظهر في نهاية الساق ، وبالتالي فإن مركز ثقل هذه العقدة الطرفية يكون خلف الساق . ويكون التركيب العام لدبوس الأتزان صلباً ماعداً بعض الإثناءات الموجودة على السطح البطنى بالقرب من القاعدة والتي تسمح ببعض الحرية للحركة ، بينما يكون جليد العقدة الطرفية النهائية رقيقاً ولكنها تظل محتفظة

بانتفاضها نتيجة وجود خلايا متضخمة تحتوي على فراغات داخلية كبيرة داخل هذه العقدة . ويكون دبورس الاتزان كبيراً في الحشرات الأقل تخصصاً مثل *Tipula* ، أما في حشرة *Calliphora* فإن طوله يكون حوالى ٠,٧ ملليمتر فقط .

يوجد على الفص القاعدى لدبورس الاتزان مجاميع من أعضاء الحس ذات القبوة والتي تتجانس مع المجاميع الموجودة عند قاعدة الجناح العادى (انظر برينجل Pringle عامى ١٩٤٨ ، ١٩٥٧) . وفي ذبابة *Calliphora* يوجد من الناحية الظهرية مجموعتان كبيرتان من أعضاء الحس ، وكل مجموعة تتكون من حوالى ١٠٠ عضو حسياً ذا قبوة . المجموعة الأولى تُكوّن الصفيحة القاعدة بينما تُكوّن المجموعة الثانية الصفيحة الأسطوانية الظهرية . وبالقرب من الصفيحة القاعدية توجد مجموعة صغيرة من أعضاء الحس ذات القبوة تسمى الحلمات الجانبية ، وتقع أسفل سطح دبورس الإتران . يوجد أيضاً حلقة غير متميزة دائرية بالقرب من الصفيحة الإسطوانية وعند فحس السطح البطنى يوجد عليه صفيحة أسطوانية أخرى تحتوي على حوالى ١٠٠ عضواً حسياً ومجموعة من الحلمات الجانبية يصل عددها إلى حوالى عشرة . يرتبط بالسطح البطنى عضو حسى وترى كبير ، وآخر صغير ، والأخير يمشى رأساً عبر القاعدة .

وتعمل أعضاء الحس السابقة على رد الفعل للقوى التي تؤثر عند قاعدة دبورس الاتزان أثناء الطيران ، كما تسمح بالمحركات الرأسية لدبورس الإتران و بعزم الدوران التي ينتج عن حركات الالتفاف .

٧-٩ العضلات المتصلة بالأجنحة Muscles associated with the wings

ينقسم عدد من العضلات مباشرة في الصليبات الموجودة بقاعدة الجناح وتسمى بعضلات الجناح المباشرة . وتخرج إحدى هذه العضلات من البلورا وتنقسم في الصليبة الإبطية الثالثة وتعمل على ثنى الجناح للخلف ، وقد وجد في الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة أن هذه العضلة تعمل بمساعدة عضلة أخرى تنقسم في الصليبة الإبطية الأولى . ينتج تمدد الجناح من وضع الإثناء بواسطة عضلة واحدة أو أكثر تنقسم في المنطقة تحت الجناحية وتخرج هذه العضلات من على فوق الأسترن *Episternum* ، والأسترن والحرقفة . وتوجد عضلة أخرى تخرج من المرون *Meron* وتنقسم في المنطقة تحت الجناحية ويصاحبها (في الحشرات التابعة لعائلة *Gryllidae* ولرتبة شعيرة وحرشفية الأجنحة) عضلة أخرى من فوق المرون *Epimeron* . وتعمل العضلات تحت الجناحية والقاعدية على مدّ وخفض الجناح . وفي الحشرات التابعة لرتبة الرعاشات توجد عضلات أخرى والتي بالرغم من كونها لا ترتبط مباشرة بالأجنحة إلا أنها تحركها نتيجة الانحرافات التي تسببها للصدر . ويطلق على هذه العضلات اسم العضلات غير المباشرة ، ومن أهم هذه العضلات مجموعة العضلات العلوية والظهرية والعضلات التي تصل بين الترجة والأسترن (العضلات الترجية الإسترنية) والتي تتكون من زوجين أو أكثر من العضلات وهذه العضلات تكون نامية بدرجة كافية عادة بينما تكون العضلات المائلة الظهرية صغيرة عادة أو غائبة .

الفصل الحادى عشر

العضلات

THE MUSCLES

نظراً لأن كثيراً من المعلومات عن عضلات الحشرات تتعلق بعضلات الطيران فإنه من المناسب دراسة العضلات بصفة عامة في هذا الفصل . تنشأ كل العضلات في الحشرات بنفس الطريقة المتعارف عليها ، أى من خلايا متطاولة تحتوى على العناصر الانقباضية ، ولـى كثير من الحالات تتصل بجدار الجسم الداخلى من أحد طرفيها .

يختلف الترتيب الداخلى للخلايا العضلية باختلاف العضلات ، وتظهر هذه الصفة في العضلات المحركة للأجنحة . ويشمل انكماش العضلات الخيوط المكونة لها والمزلفة على بعضها ، ولو أن هذا الانكماش يمكن أيضا حدوثه للخيوط منفردة . تنبه العضلات للانقباض بوصول السيالات العصبية التى تسبب تفرجات موضعية في الصفات الكهربائية للغشاء العضلى ونحث على حدوث التفرجات الكيماوية داخل الخلية . وعادة يسبب سيال عصبي واحد انقباضا عضليا واحداً ، ولكن العضلات المتخصصة التى يمكنها التذبذب بتواتر عال تنقبض عدة مرات كنتيجة لوصول منه عصبي واحد . وتعتمد السرعة التى تتذبذب بها العضلات في هذه الحالات على الصفات الآلية لهذه العضلات ، وعلى التراكيب المرتبطة بها داخل الجسم . تنتج عضلات الطيران طاقة عالية جدا ، ويكون معدل الأيض فيها مرتبطا بإنتاج طاقة أعلى منها في أى نسيج آخر . وللمحافظة على هذا المستوى العالى من الأيض يجب تزويد العضلات بكميات كافية من الأكسجين والمادة الغذائية المنتجة للطاقة ، كما تتكيف الحشرات تشريحياً ووظيفياً وكيماوياً لأداء هذه العملية .

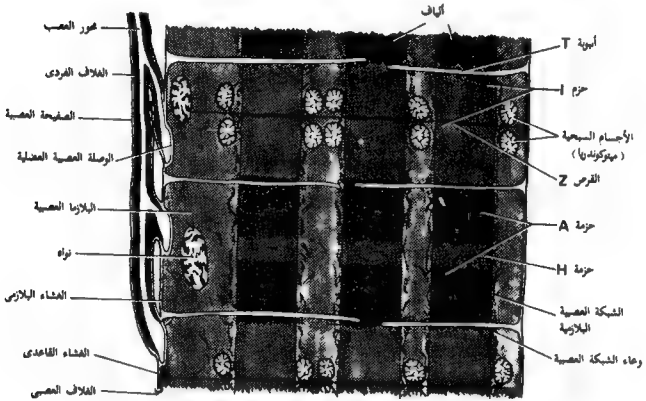
١١ - ١ التركيب Structure

١١-١-١ التركيب الأساسى للعضلة

تتكون كل عضلة من عدد من الألياف الطويلة عديدة الأنوية عادة ، وتشكل الخلايا الطول الكلى للعضلة . ترتبط كل ليفة عضلية بالجدار العضلى Sarcotlemma الذى يشمل الغشاء البلازمى للخلية مضاف إليه الغشاء القاعدى (سميت Smith عام ١٩٦١) . ويسمى سيتوبلازم الليفة العضلية بالسار كوبلازم أو البلازما العضلية كما تسمى شبكة البلازما الداخلية أو الشبكة الاندوبلازمية (التى لا ترتبط بالغشاء البلازمى) باسم الشبكة السار كوبلازمية أو شبكة البلازما العضلية .

ينسج الغشاء البلازمي بعمق في الليفة كقنوات نصف قطرية منتظمة بين الشريطين (ز) ، (ح) (Z & H bands) . وهذا النظام الخاص بالانعاجات يُسمى النظام الأنبوي المستعرض (النظام ت T-system) . ويرتبط هذا النظام مع حوصلات الشبكة الساركوبلازمية (شكل ١١ - ١) . ويمكن أن تحتل الأنبوية أوضاعاً مختلفة في الخلية .

من أهم المظاهر المميز للخللايا العضلية وجود اللويقات العضلية Myofibrils التي ترقد في الساركوبلازم ، وعند باستمرار من إحدى نهايتي الليفة إلى النهاية الأخرى . وقد يختلف ترتيب اللويقات ولكنها دائماً تتصل اتصالاً وثيقاً بالأجسام السحبية (الميتوكوندريا) التي تعرف أحياناً باسم الساركوسومات .



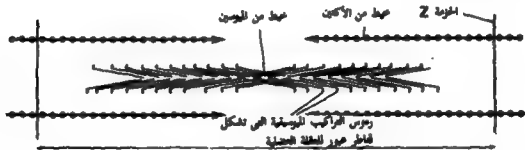
(شكل ١١ - ١) رسم توضيحي لظهر جانبي لجزء من الليفة العضلية بين تركيب للوحدات الأساسية

تتكون اللويقات العضلية تباغاً من خيوط جزئية تتركب أساساً من بروتينين : الميوسين والاكيتين . وتكون خيوط الميوسين أقوى وأمتن وتتكون من عدد كبير من جزئيات الميوسين ذات التراكيب الطويلة التي لها رأس كروي من نهاية واحدة فقط . ويلاحظ في كل ساركومر أن كل الجزئيات الموجودة في نصف واحد تصطف في اتجاه واحد ، بينما تصطف جزئيات النصف المقابل في الاتجاه المعاكس (شكل ١١ - ٢) .

ولأن لم يتم استخلاص الميوسين نفسه من الخيوط السمكية لمعضلات الحشرات ولكنه دائما ما يكون مصاحبا لبعض جزيئات مركب الاكتوميوسين مما يدل على وجود هذا البروتين الأخير بصورة عادية في العضلة .

يحاط كل خيط من الخيوط السمكية بستة خيوط دقيقة من الاكتين (شكل ١١-١٣) التي تتكون من سلسلتين من جزيئات الاكتين اللتين تلتويان على بعضهما . وتوجه خيوط الاكتين في الاتجاهات المعاكسة على جانبي القرص (ز) (Z-disc) (شكل ١١-٢) حيث تلتصق مع بعضها بمادة غر متبلورة (أشهرست Ashhurst عام ١٩٦٧) .

ترتبط خيوط الاكتين مع الميوسين على مسافات بواسطة جسور مستعرضة تتشكل من النهايات ذات الرأس الكروية لجزيئات الميوسين . وهذه الجسور المستعرضة هي المسؤولة عن الاستمرارية التركيبية والآلية على طول الليفة العضلية كلها (مركسلى Huxley عام ١٩٦٥) . أما البروتين الإضافي المسمى تروبوميوسين Tropomyosin فإنه يوجد أيضا في العناصر الانقباضية ولكن بكميات قليلة .

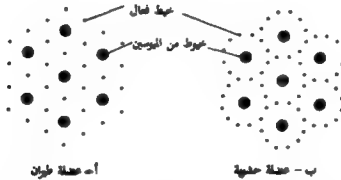


(شكل ١١-٢) رسم عرضي يثل الوحدات الفعل وتراكيب الميوسين وحيوط في عضلة (من عكسل ١٩٦٥) .

تصطف جميع خيوط الليفة العضلية ، وبالتالي تظهر الليفة كلها مخططة عرضيا ، وتبرز المظاهر الضرورية هذه التخطيطات نتيجة وجود أقراص (ز) التي تجري عبر الليفة على مسافات منتظمة مشكلة تقاطعات متتالية من وحدات تسمى عقلا عضلية (ساركوميرات) Sarcomeres . على كل جانب من أقراص (ز) ، تمتد خيوط الأكتين للأمام ولكنها لاتصل إلى مركز العقلة العضلية (الساركومير) .

بينما لاتصل خيوط الميوسين إلى أقراص (ز) ، ومن ثم فإن كل عقلة عضلية (ساركومير) تحتوي على شريط مضوء الصبغ عند كل نهاية وشريط معتم الصبغ في الوسط يعرفان باسم الشريط متساوي الخواص (س) (I Band) والشريط متباين الخواص (م) (A. Band) . في مركز الشريط (م) ، حيث تنقب خيوط الاكتين ، توجد منطقة أكثر شحوبا هي المنطقة ح (H Zone) . ويمكن أن تتواجد شرائط أخرى . وتحدث تغيرات عندما تنقبض العضلة (انظر شكل ١١ - ١) . تتجمع الألياف العضلية مع بعضها في وحدات ، وتتكون كل واحدة من ١٠ - إلى

٢٠. ليفة ، وتنفصل عن الوحدة المجاورة بواسطة غشاء رغامي (Tracheolate membrane) . وتتكون كل عضلة من وحدة واحدة أو قليل من هذه الوحدات ؛ فمثلا توجد خمس وحدات في عضلات الطيران الظهري الطولية في الجراد انصحرأوى من جنس *Schistocerca* . ويمكن أن يكون لكل وحدة عضلية تغذية عصبية خاصة بها ، ولكن في حالات أخرى يكون لكل عدد من الوحدات العضلية تغذية عصبية عامة ومشتركة حيث تؤدي وظيفتها معا كوحدة محرك (Motor unit) .

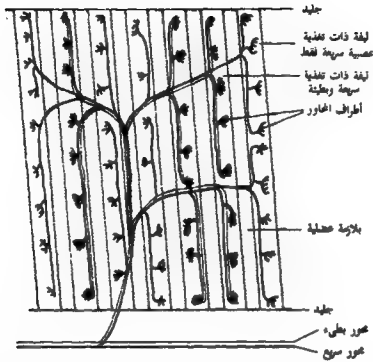


(شكل ١١-٣) رسوم توضيحية لتظيم المحيط العضلي لـ أ - عضلة طيران ب - عضلة حشرية (من سميت وآخرون ١٩٩٩)

التغذية العصبية Innervation تتكون التغذية العصبية للعضلة من عدد قليل من المحاور الطويلة . وكقاعدة ، تزود كل وحدة عضلية عصبيا بمحورين أحدهما سريع والآخر بطيء (أنظر المحاور السريعة والبطيئة) . وأحيانا أيضا تزود الوحدة العضلية بمحور عصبى ثالث مشط ، وتسمى هذه الحالة بالتغذية العصبية المتعددة (Multiple innervation or polyneuronal)

تصل إلى وحدة كل عضلة نهايات من العصب السريع ، وربما تغذى بعضها أيضاً بعصب بطيء (شكل ١١-٤) . ففى عضلات القفز في الجراد من جنس *Locusta* يصل فروع من كلا المحورين العصبيين إلى حوالي ٤٠٪ من الألياف العضلية ، ولكن وجدت محاور عصبية سريعة فقط في عضلات الطيران للحشرات التابعة لرتب الرعاشات (Odonata) ومستقيمة الأجنحة (Orthoptera) وثنائية الأجنحة (Diptera) وغشائية الأجنحة (Hymenoptera) .

في بعض الأحيان ، تؤدي أجزاء مختلفة من العضلة وظائف متباينة ، وفي هذه الحالة فإن كل جزء يكون له تغذية عصبية منفصلة . فالجزء الخلفى من العضلة القاعدية الجناحية (Basalar muscle) لحشرة *Oryctes* تختص فقط بانخفاض الجناح وتصلها تغذية عصبية من محاور سريعة فقط ، أما الجزء الأمامى فإنه يتحكم في اهتزازات الجناح وتغذيته العصبية معقدة حيث تتكون من عدد من المحاور العصبية يصل عددها إلى أربعة أحدها محور محيط (أكيدا وبويتيجر Ikeda & Boettiger عام ١٩٦٥) .



(شكل ١١-٤) رسم توضيحي يبين تخطيط وحدة عضلية نموذجية . جميع الألياف تستقبل أليافاً من المحور السريع ، مع البعض منها يرد لها أطراف من المحور البطيء

وبصفة عامة في الحشرات ، يوجد كثير من النهايات العصبية التي تتفرع على مسافات بين الواحدة والأخرى حوالى ٣٠ - ٤٠ ميكرون على طول كل ليفة عضلية (شكل ١١ - ٤) . وعند وجود تغذية عصبية ثنائية (من محاور سريعة وبطيئة) فإنه من المحتمل أن تصل نهايات كلا المحورين على مستوى واحد على الليفة

الإمداد الأكسجيني (Oxygen supply) نظراً لأن الانقباض العضلي يحتاج إلى طاقة أيضاً فإن العضلات تزود بقصبات هوائية كثيرة ، ويظهر ذلك جلياً في عضلات الطيران حيث يتخصص الجهاز القصى دائماً في المحافظة على إمداد العضلات بالأكسجين أثناء الطيران . في معظم العضلات تتصل القصبات الهوائية اتصالاً وثيقاً بالسطح الخارجى لليفة العضلية ، ولكن في عضلات الطيران لكثير من الحشرات تخرق هذه القصبات الغشاء العضلي لتنتشر بين الليفة العضلية لأداء وظيفتها .

١١ - ٢ طاقة الانقباض العضلي Energetics of muscle contraction

إن الضغط الذى تبذله عضلات الحشرات ليس استثنائياً . فمثلاً ، تبذل عضلات الفك العلوى لبعض الحشرات ضغطاً تتراوح ما بين ٣,٦ - ٦,٩ كجم / سم^٢ ، بينما تقدر هذه الضغوط في عضلة الساق الباسطة

لحشرة *Decticus* (من رتبة مستقيمة الأجنحة) بحوالى ٥,٩ كجم/ سم^٣ بالمقارنة بعضلة الانسان التى تتراوح الضغوط فيها ما بين ٦ - ١٠ كجم/ سم^٣ .

تناسب الطاقة المبذولة من العضلة مع مساحة القطاع العرضى لها ، وعموماً فهذه المساحة لا تعتبر كبيرة في الحشرات . ولكن في بعض العضلات مثل عضلة الساق الباسطة في الجراد ، تظهر مساحة القطاع العرضى كبيرة نتيجة الاندراج المائل للألياف العضلية في جدار الرجل ، ونتيجة لذلك يمكن لهذه العضلة أن تمارس جهد سحب قدره حوالى ٨٠٠ جراما .

تعتبر القوى المبذولة من عضلات الطيران غير عادية ، فالنواثر الانقباضى للعضلات أثناء الطيران هائلا واستثنائيا ويتراوح مردود القوى الكلية ما بين ٣٥ - ١٧٥ وات/ كجم ، بالمقارنة بمردود يتراوح ما بين ١٥ - ١٧ وات/ كجم في الانسان (انظر ويس - فوخ *Wels-Fogh* عام ١٩٦١) .

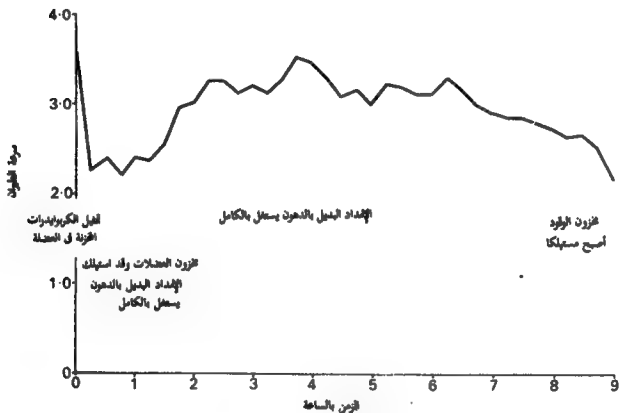
ويحتاج مردود القوة هذا إلى إنفاق هائل من الطاقة ، وتعتبر معدلات الأيض في عضلات الطيران للحشرات النشطة أعلى من المعدلات التى تسجل في أى نسيج آخر داخل الجسم . ففى عضلة الطيران للجراد يتراوح معدل الأيض أثناء الطيران ما بين ٤٠٠ - ٨٠٠ كيلو كالورى/ كجم/ ساعة ، وفى غنمة العسل يتراوح هذا المعدل ما بين ١٣٠٠ - ٢٢٠٠ كينو كالورى/ كجم/ ساعة . وهذه المعدلات تبين زيادة في معدل الأيض أثناء الطيران تبلغ حوالى ١٠٠ ضعف هذا المعدل أثناء الراحة .

١١-٢-١٩ المواد المنتجة للطاقة (الوقود)

تختلف المواد التى يستمد منها الطاقة باختلاف الحشرات . فالحشرات التابعة لرتبة غشائية وثلاثية الأجنحة تستعمل المواد الكربوهيدراتية ، وهكذا يفعل العرصور الأمريكى بالرغم من أن الأكسدة في هذه الحالة لا تكون تامة . ويستعمل الجراد والمن المواد الكربوهيدراتية عند بداية الطيران أما بعد ذلك وباستمرار عملية الطيران فإنهما يحرقان الدهن الذى يعتبر المادة المنتجة للطاقة في الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة . ويستعمل الجراد أولا النشا الحيوانى (الجليكوجين) المخزن في عضلات الأجنحة لأنه يعتبر الوقود المتاح والسريع في عملية الأيض . ويرتبط استعمال هذا الوقود بسرعة الطيران التى تقدر بحوالى ٤ متر / ثانية أو أكثر (شكل ١١-٥) ولكن سرعان ما يستنفذ وينتج التزويد الموضعى للجليكوجين ويهبط سرعة الطيران ، ويستغرق تحريك الدهن بعض الوقت ولكن بمجرد وصوله إلى عضلات الطيران ترتفع سرعة الطيران إلى ٣ متر/ ثانية أو أكثر وتظل في حالة ثابت لعدة ساعات (ويس - فوخ *Wels-Fogh* عام ١٩٥٢) .

في أى حشرة يعتبر الاحتياطى في عضلات الطيران ثابتا وبالتالي يجب توالى جذب المواد المنتجة للطاقة من أى مكان من الجسم . وبشكل مكر الترياقوز الموجود في الميمولف احتياطى كربوهيدراتى هام في كثير من الحشرات بينما يعتبر الجلوكوز أكثر أهمية في غنمة العسل . ينحز الجليكوجين الموجود في العضلات وفي الجسم الدهنى أثناء طيران ذبابة الدروسوفلا وبهوضة الكيولكس (من رتبة ثنائية الأجنحة) ، بينما تعتبر السكريات الموجودة في حوصلة ذبابة الخيل *Tabanus* (من رتبة ثنائية الأجنحة) وفي معدة العسل في غنمة العسل مصادر انتاج الطاقة في هذه الحشرات . وقد وجد أن الاحتياطى الدهنى الأساسى الذى يستعمل في طيران الجراد الصحراوى موجود في الجسم الدهنى ، وأن انتقاله إلى العضلات يستلزم إجراء عملية أسترة له (بيناكيرز *Beenackers* عام ١٩٦٥) .

يعتبر الدهن أكثر مناسبة من الكربوهيدرات كاحتياطي للطاقة في الحشرات التي تطير لمسافات طويلة لأن الدهن ينتج طاقة تقدر بحوالى ضعف الطاقة التي تنتجها المواد الكربوهيدراتية في وحدة الوزن ؛ حيث إن جرام واحد من الدهن ينتج ٩,٣ كيلو كالورى، بينما ينتج الجرام الواحد من الكربوهيدرات ٤,١ كيلو كالورى فقط . أما الجلوكوجين الذى يعتبر الإحتياطي الكربوهيدراتى العام فإنه يتحلل مائيا بقوة ويكون أثقل ثمانى مرات عن الكمية المساوية لإنتاج السعرات من الدهن .



(شكل ١١-٥) سرعة طيران ذكر الجراد في جهاز قياس السرعة توضح السرعة المباشرة عن الإمدادات بالوقود (عن ويس وفوخ ١٩٥٢) .

كما تقدم يتضح أن أى حشرة يمكن أن تخزن كميات كبيرة من الطاقة كدهن وأن ٨٥٪ من الطاقة تخزن في الجراد على هذا الشكل (ويس - فوخ Weis - Fogh عام ١٩٥٢) . ويتميز الدهن عن الكربوهيدرات في أن الأول ينتج حوالى ضعف كمية الماء عند الاحتراق وبالتالي فإن تأثيرات فقد الماء خلال الطيران الطويل تكون متوازنة في حالة استعمال الدهون كوقود .

القسم الثالث

البطن والتاسل والتطور

*The abdomen, reproduction
and development*

الفصل الثاني عشر

البطن THE ABDOMEN

تعقيل منطقة البطن في الحشرات أكثر وضوحاً عن تعقيل منطقتي الرأس والصدر . وتركيب البطن من عدد من العقل المتائلة في التكوين ولكن العقل الموجودة بالطرف الخلفي قد تتحول إلى أعضاء تناسلية أو آلة وضع للبيض . العقل الموجودة بالطرف الأمامي متائلة تقريباً في تركيبها العضلي وهي المسئولة عن عمليات انضغاط وامتداد البطن أي الحركات المتعلقة بنهوية الجهاز القضي . عموماً فإن البطن تكون خالية من الزوائد إلا من بعض الزوائد التناسلية وكذلك يوجد زوج من الزوائد الجانبية تسمى بالقرون الشرجية Cerci التي تعمل ... على إحدى العقل الخلفية ووظيفتها في الغالب حسية وتوجد في مجموعة الحشرات الغير مجنحة زوائد تسمى بالزوائد القبل تناسلية Pregenital appendages . أما البرقات المائية فغالباً تحمل خياشيم في حين أنه في كثير من يرقات الحشرات ذات التطور التام تحمل زوائد بطنية تسمى بالأرجل الأولية Prolegs .

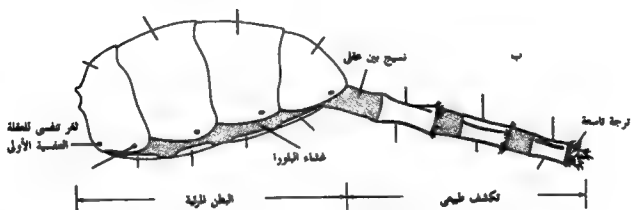
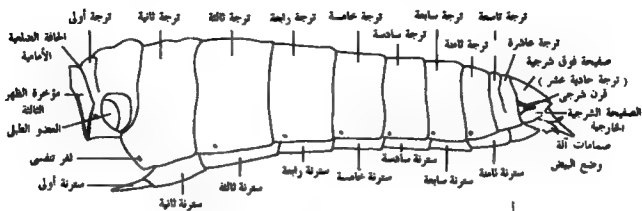
١-١٢ ١-١٢ تعقيل البطن Segmentation of the abdomen

١-١٢-١٢ عدد العقل البطنية

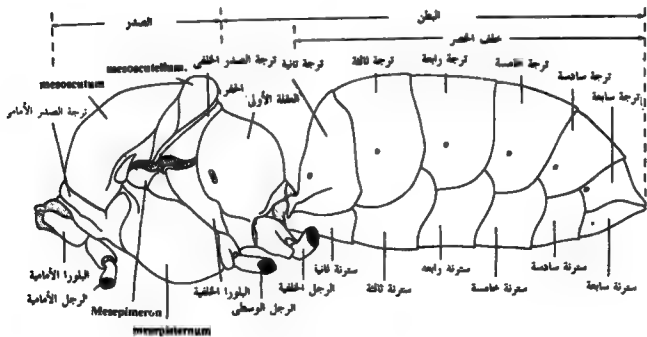
تركيب البطن أساساً من إحدى عشر عقلة بالإضافة إلى عقلة خلف الدبر Post-Segmental telson التي تحمل فتحة الشرج . هذا التركيب الكامل لا يظهر إلا في الحشرات الكاملة من رتبة أولية الذنب Postura وفي أجنة بعض الحشرات ذات التطور النصفى ، حيث إنه في جميع الحالات الأخرى توجد العقل على درجات مختلفة من الاختزال في عددها .

عموماً يكون تعقيل البطن أكثر وضوحاً في رتب الحشرات ذات التطور النصفى عن ذنب الحشرات الأكثر تخصصاً أو ذات التطور التام فمثلاً في حشرات فصيلة Acrididae - تظهر الإحدى عشرة عقلة بوضوح (شكل ١٢ - ١١) في حين أنه في حشرات فصيلة Muncidae يمكن رؤية من اثنين إلى خمس عقل ، إذ إن العقل من السادسة إلى التاسعة متراكبة تلسكوبياً داخل العقل السابقة (شكل ١٢ - ١١ ب) . يشذ عن ذلك حشرات الكولبولا حيث تتركب البطن فيها من ست عقل .

وعموماً فإن منطقة البطن تكون مميزة عن منطقة الصدر ولكن في حشرات رتبة غشائية الأجنحة تتلحم العقلة البطنية الأولى مع العقل الصدرية لتكون ما يعرف بالخصر Propodeum (شكل ١٢ - ٢) .



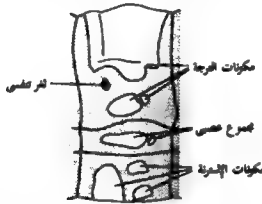
(شكل ١-١٢) منظر جانبي للطن في (أ) أنثى *Nomadacris*.
(ب) أنثى الذباب من جنس *Musca* - مع ملاحظة أن القمل الطرفة تمتد - (عن Hewitt, 1914 و Aebrecht, 1956)



(شكل ١٢-٧) منظر جانبي لمقتضى الصدر والطن في جنس *Apis* (عن Saadgram, 1956).

١٢-١-٢ تركيب العقل البطنية

تتركب العقلة البطنية التمودجية من ترجة Tergum وسترنة Sternum وهما ذات تركيب متصلب ويتصلان معاً بفشاء يُسمى بالبلورا Pleura (شكل ١٢ - ٥) . وفي كثير من يرقات الحشرات ذات التطور التام لا يحدث تصلب بالعقل وبالتالي تتركب البطن من سلسلة من العقل الغشائية كما في كثير من يرقات رتبة غشائية الأجنحة وبعض يرقات غمدية الأجنحة ومعظم يرقات رتبة حرشفية الأجنحة ، والمناطق المتصلة بالجسم في هذه اليرقات تكون عبارة عن مساحات صغيرة تحمل شعور حسية trichoid Sensilla . وفي حشرات أخرى قد تزداد درجة التصلب بوجود صليبات بفشاء البلورا (شكل ١٢ - ٣) ، وهذه الصليبات قد تحمل زوائد ؛ فمثلاً تنشأ الأقدام التناسلية في الحشرات ذات الذنب الشعرى والخياشيم التنفسية في ذباب مايو على مثل هذه الصليبات .



(شكل ١٢-٣) منظر جانبي لعقلة بطنية في يرقات من جنس Culicoides (من Snodgrass, 1935)

وعادة الجزء الخلفي لكل عقلة يتخطى الجزء الأمامي من العقلة التالية وأحياناً قد تلتحم العقلة المتتالية كلياً أو جزئياً ، فمثلاً في الجراد Acrididae تلتحم ترجات العقلتين التاسعة والعاشرة (شكل ١٢ - ٣) .

وتعمل عقل البطن ثغر تنفسي على كل جانب وقد توجد هذه الثغور على غشاء البلورا (شكل ١٢ - ٣) أو على جانبي الترجة أو السترنة .

وتوجد الفتحة التناسلية في ذكور الحشرات على العقلة التاسعة . أما في معظم إناث الحشرات فتفتح القناة المبيضة على أو خلف العقلة الثامنة أو التاسعة ويشذ عن ذلك إناث حشرات رتبتي ذباب مايو وجلدية الأجنحة حيث توجد الفتحة التناسلية خلف العقلة السابعة وتحدث تمحورات عديدة للعقل التناسلية حيث تتحور في الذكر لتكون جهاز التلقيح وكذلك تتحور في الإناث لتكون آلة وضع البيض .

تكون العقلة البطنية العاشرة عادة كاملة التكوين . أما العقلة الحادية عشرة فغالباً ما تظهر كفص ظهري تسمى بالصفيحة فوق شرجية epiproct ، وفصان جانبيان يعرف كل منهما بالصفيحة الشرجية الخارجية Poroproct

في الحشرات المائية تحدث تحورات عديدة في العقل الطرفية ويكون ذلك مرتبطاً بالتنفس فقد تستطيل العقلة الثامنة وتكون محصاً تنفسياً كما في يرقات *Eristalis* . وفي يرقات البعوض يظهر المص التنفسي كنتوء ظهري من العقلة الثامنة .

١٢-٢ زوائد البطن abdominal appendages

قد تحمل البطن عدداً من الزوائد قد يستمد بعضها من زوائد أساسية وكذلك قد توجد زوائد أخرى تعتبر كأعضاء ثانوية تحت بطريقة مستقلة عن الزوائد الأولية

١٢-٢-١ الزوائد الأولية

تحمل العقلة الحادية عشرة زوجاً من الزوائد هي القرون الشرجية *Anat cera* وتنشأ من غشائي الصفيحة فوق شرجية والصفيحة الشرجية الخارجية وفي حالة غياب العقلة الحادية عشرة تنشأ القرون الشرجية من العقلة العاشرة . وتوجد القرون الشرجية في الحشرات العديمة الأجنحة وفي رتبة الحشرات نصفية التحول فيما عدا *hemipteroids* ، وفي الحشرات تامة التحول توجد قرون شرجية في رتبة *Mecoptera* وربما أيضاً في *Symphyla*

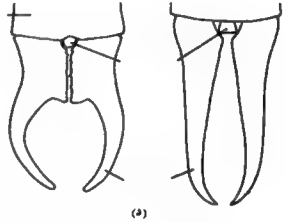
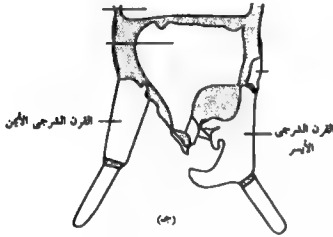
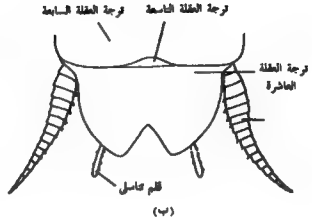
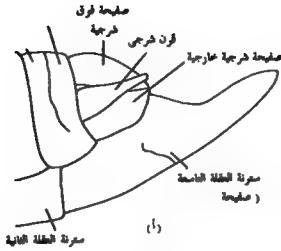
تتخذ القرون الشرجية أشكالاً مختلفة . قد تكون بسيطة غير مقسمة كما في رتبة مستقيمة الأجنحة (شكل ١٢-٤) ، أو مقسمة كما في رتبة الصراصير وفرس النسي (شكل ١٢-٤ ب) ، وقد تكون قصيرة جداً أو طويلة خيطية متساوية ، أو أطول من طول الجسم كما في رتبة الذنب الشعري وذباب مايو وقد تتعدد أشكال القرون الشرجية بداخل المجموعة الواحدة كما في *Acridoiden* (Uvarov, 1966)

ووظيفة القرون الشرجية أساساً حسية حيث يتم فصل عليها العديد من شعرات حسية خيطية . وبالتالي تعمل هذه الشعرات كأعضاء حس للمس أو لحركة الهواء وأحياناً قد تعمل كمستقبلات صوت .

وقد تختلف القرون الشرجية في ذكور وإناث الجنس الواحد وبالتالي يعتقد بأنه قد تكون لها وظيفة عند الجماع . فالقرون الشرجية في إناث *Calliptamus* (رتبة مستقيمة الأجنحة) تبدو مخروطية بسيطة الشكل أما في الذكر فتظهر طويلة ملفطحة وقد تحمل من ٢ - ٣ فصوص قمية بها أسنان قوية متجهة إلى الداخل .

وفي يرقات الرعاشات من تحت رتبة *Zygoptera* تتحول القرون الشرجية إلى خياشيم تنفسية . أما في يرقات ذباب مايو فالقرون الشرجية « الريشية » الشكل تشترك مع الحيط الطرفي الخلفي في دفع الحشرة إلى الأمام في الماء .

ولا يستمر وجود الزوائد البطنية الأولية على العقلة العاشرة أما زوائد العقلة الثامنة والتاسعة فتتحور غالباً إلى أعضاء تناسلية خارجية وقد تحمل عقل البطن الأمامية زوائد ، ولكن من المتفق عليه أنها تنشأ فقط كزوائد عقلية في الحشرات عديمة الأجنحة .



(شكل ١٢-٤) بعض أنواع القرون الشرجية :-

(أ) جنس *Nomadacris* (ب) جنس *Peripinneta* (ج) جنس *Idiosymbia* (د) جنس *Forficula*

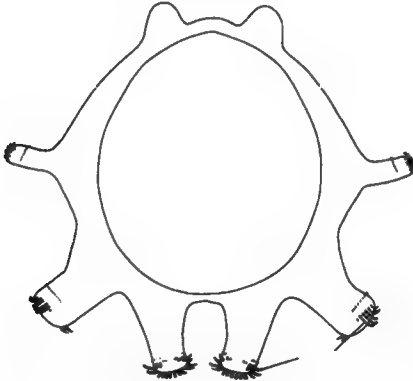
١٢-٢-٢ الزوائد الثانوية

زوائد البطن تكون غائبة من على العقل الأمام في معظم الحشرات الكاملة فيما عدا الحشرات العديمة الأجنحة . ولكن تنتشر هذه الزوائد على يرقات الحشرات ذات التحول التام، وقد تأخذ شكل خياشيم تنفسية في اليرقات المائية . ويعتقد بعض الباحثين أن هذه الزوائد تنشأ من الزوائد الأولية (Sondgrass) ولكن من الأصح اعتبار معظم زوائد البطن كنموث ثانوية (Hinton, 1955) .

وتوجد خياشيم تنفسية على عقل البطن في العديد من يرقات الحشرات المائية ، فمثلا حشرات رتبة ذباب مايو تحمل ستة أو سبعة أزواج من الخياشيم الورقية أو الخيطية الشكل وتتحرك هذه الخياشيم بواسطة عضلات ، وقد تلعب دوراً مباشراً في تبادل الغازات ، والغالب ترجع أهمية الخياشيم إلى استمرار تدفق الماء حول جسم الحشرة ،

كذلك قد توجد حزم شعرية خيشومية على العقل البطنية الأولى والثانية وربما الثالثة أيضا . يرقات جنس *Sialis* (رتبة *Megaloptera*) تحمل سبعة أزواج من الخياشيم التنفسية كل منها يتركب من خمس حلقات (شكل ١٢-١٧) وكذلك تخرج زائدة عيطية طرفية من العقل التاسعة . وتوجد خياشيم تنفسية مماثلة ولكن غير مقسمة في يرقات حشرات غمدية الأجنحة .

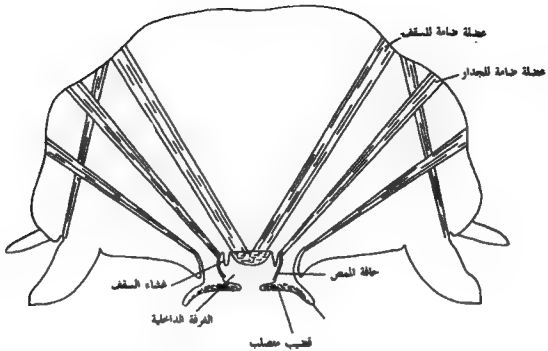
تخرج زوائد شبه قديمة كنموات من جدار الجسم في العديد من يرقات الحشرات ذات التحول التام وتعرف بالأرجل الأولية *Prolegs* . تتمدد هذه الزوائد بواسطة ضغط الدم وتتحرك بواسطة عضلات جدار الجسم بالإضافة إلى عضلات أخرى موضع اتصالها بقاعدة الأرجل الأولية . وقد يزود الطرف البعيد للأرجل الأولية بأشواك أو مشابك بواسطة تعلق الحشرة بأسطح البيئة . وقد تكون الأرجل الأولية غير كاملة النمو وتحمل محلها وسادة لحمية مزودة بأشواك والتي تُسمى في هذه الحالة بحاشية الزحف *Creeping welt* وتكون بذلك شبيهة بالأرجل الأولية . تنتشر حاشية الزحف والأرجل الأولية في يرقات حشرات ثنائية الأجنحة وقد يحمل بعضها عدة أرجل أولية على العقلة الواحدة (شكل ١٢-٥) . وفي حالات أخرى قد تنتشر حاشية الزحف دائريا حول العقلة .



(شكل ١٢ - ٥) قطاع عرضي لى عقلة بطنية لى يرقة *tabinid* صيدا العديد من الأرجل الأولية بالإضافة إلى أزواج ظهرية وجانبية .

(عن Hinton , 1955)

ويوجد باليرقات التابعة لفصيلة *Elaphroceridae* - التي تعيش في الأنهار الجارية أو الشلالات - مص على العقل البطنية من الثانية إلى السابعة . كل مص به حافة رخوة خارجية ومجد أمامي غير كامل ، (شكل ١٢-٦)



(شكل ١٢-٩) قطاع عرضي في العقلة البطنية السادسة في يرقة *blepharacerid* مبناً للمص البطني .

في حالة عدم وجود محصات فنستطيع الكثير من يرقات ثنائية الأجنحة أن تحدث تأثير المص بواسطة رفع الجزء الوسطى للسطح البطنى مع إبقاء الجزء الأمامى والخلفى على اتصال بالسطح .

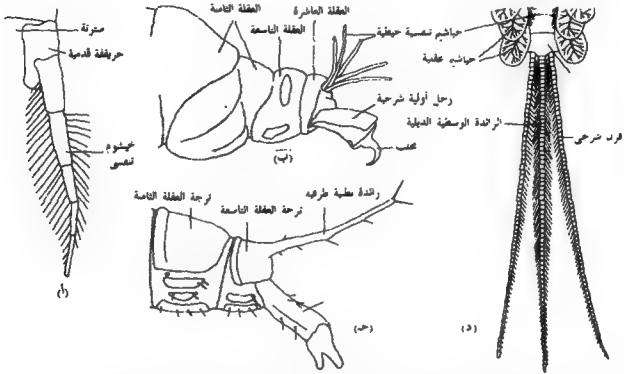
أخيراً قد تستعمل الأرجل الأولية للإمساك بالفرصة في عدد قليل من يرقات ثنائية الأجنحة مثل يرقات جنس

Vermileo

وتنشأ أيضاً أرجل أولية واضحة في يرقات رتبة حرشفية الأجنحة ، يوجد زوج منها على العقل البطنية من الثالثة إلى السادسة وكذلك العقلة العاشرة . وتشير بعض دراسات علم الأجنحة إلى أن هذه الأرجل الأولية قد تكون ذات تسلسل متجانس بالأرجل الصدرية . ولكن معظم الأدلة الأخرى تعارض هذا الاعتقاد (Hinton, 1955) . تزود الأرجل الأولية من الطرف البعيد بإبر شوكية التي تكون حلقة كاملة .

وتختلف عدد الأرجل الأولية في يرقات حرشفية الأجنحة ، فيرقات فصيلة *Megalopygidae* تحمل أرجل أولية على العقل البطنية من الثانية إلى السابعة وأيضاً العاشرة ، مع ملاحظة أن تلك التي توجد بالعقل الثانية إلى السابعة لا يوجد بها إبر شوكية وفي حالات أخرى قد يحتزل عدد الأرجل الأولية فمثلاً في فصيلة *Geometridae* يوجد منها زوجان فقط على العقلتين السادسة والعاشرة وقد تختفى كلياً من يرقات ناخرات الأوراق ومن الحشرات التابعة لفصيلة *Eucleidae* ولكن بعضها قد يحمل محصات بطنية ضعيفة التكوين على العقل البطنية من الأولى إلى السابعة .

وفي بعض برقات فصيلة *Natodoniidae* تكون الأرجل الأولية الشرجية متحوّرة إلى أغراض دفاعية . ففي جنس *Ceine* تظهر كموات رفيعة عادة تتجه إلى الخلف . ولكن في حالة مس طرف بض الرقة فإنها تنثنى إلى الأمام وتقبض رائدة رفيعة وردية اللون من طرف كل ثنو وفي نفس الوقت ترتفع الرقة رأسها وصدورها من على سطح الأرض وتفرز حامض الفورميك من غدة بطنية توجد بعقلة الصدر الأول .



(شكل ١٢ ٧) الروائد البطنية في برقات بعض الحشرات المهيمة (أ) منظر ظهري للحياشيم التنفسية في جنس *Stellia*

(ب) منظر جانبي لتفصيل البطنية الطرفية في جنس *Hydroscache* (رقة تروميكوتيرا) صيا الحياشيم التنفسية ورجل أولية شرجية .

(ج) منظر جانبي للمقل البطنية الطرفية في جنس *Oades* (رقة غمدية الأحصنة) صيا الرائدة البطنية الطرفية

(د) منظر ظهري للطفل البطنية الطرفية في جنس *Heptagenia* (رقة دباب مايو) صيا الحياشيم التنفسية والقرون الشرجية والرائدة الوسطية الدليّة (Sundgrass, 1935 ع)

١٢-٢-٣ زوائد بطنية أخرى

قد توجد زوائد بطنية أخرى بخلاف الأرجل الأولية والحياشيم التنفسية وهذه الزوائد قد تتخذ شكل كتمو وسطى للعقلة البطنية الأخيرة . وحشرات رتبتي ذباب مايو والذنب الشعري بهما يخط خلفي يشبه القلمين التناسليين . ولبرقات الرعاش من تحت رتبة *reaptera* عيشوم وسطى على الصفيحة الفوق شرجية . أما برقات الحشرات التابعة لفصيلة *Synthemelae* فتوجد بها شوكة طرفية على الجهة الظهرية للعقلة العاشرة . ويوجد ببرقات النعوض والمهاموش أربع حلقات مرتبة حول فحة الشرج . وتقوم هذه الحلقات بوظيفة تنظيم المحتوى الملحي في جسم الحشرة . وفي المن يوجد زوج من الهوام على هيئة أنابيب تُسمى قرنيات *Cornicles* تمتد من الجهة الظهرية للعقلة السادسة . وهذه الزوائد تخرج سائل شمعي قد يحمي الحشرة من المفترسات (Lindsay (1969) .

الفصل الثالث عشر

الجهاز التناسلي

THE REPRODUCTIVE SYSTEM

يتكون الجهاز التناسلي في الذكر والأنثى أساساً من زوج من الغدد التناسلية gonads تتصلان بقناة وسطية مؤديّة إلى الفتحة التناسلية gonopore. وغالباً ما توجد غدد مساعدة تناسلية accessory glands تكون مسعولة في حالة الذكر عن تكوين المستودع المنوي Spermatophore والحفاظ على حيوية الحيوانات المنوية. أما في الأنثى فتوفر المادة الصمغية التي تلتصق البيض على أسطح البيئة الخارجية أو توفر المادة المكونة لكيس البيض . كما يوجد في الأنثى قابلة منوية Spermatheca ووظيفتها تخزين الحيوانات المنوية بعد الجماع .

وتتكون الغدد التناسلية من سلسلة من الأنابيب توجد بقمة كل واحدة المنطقة الجرثومية germarium التي تحتوي على مولدات الخلايا الجنسية Premordial sex cells حيث تنشأ منها أمهات المنى spermatogonia في الذكر وأمهات البيض oogonia في الأنثى، وأثناء عبورها في اتجاه قاعدة الأنبوبة تمر بمراحل متتالية من التطور أو النمو .

ينشأ من كل خلية منوية ثانوية secondary Spermatogonium أربعة حيوانات منوية في حين ينشأ من كل خلية بويضية ثانوية Secondary oogonium بويضة واحدة .. في بعض الحالات يتم توفير عناصر أساسية نمو البويضات بواسطة خلايا متخصصة تعرف بالخلايا المغذية nurse cells ويتحصل على الجزء الأكبر من الملح من مواد بروتينية منقولة من الميوليف . ويكون إنتاج الملح تحت تأثير هرموني ، ونتيجة لترسيبه يزداد حجم البويضات وتغلف بقشرة خارجية تمر في قناة المبيض ويحدث أحياناً تحت ظروف معينة إعادة امتصاص البويضات .

وعند خروج الحشرات من الانسلاخ الأخير لا تكون دائماً ناضجة جنسياً ، وفي بعض أجناس الحشرات قد يوجد دور يكون الطور كاملاً مما يؤدي إلى حدوث تأخير في تكوين الخلايا الجنسية الناضجة .

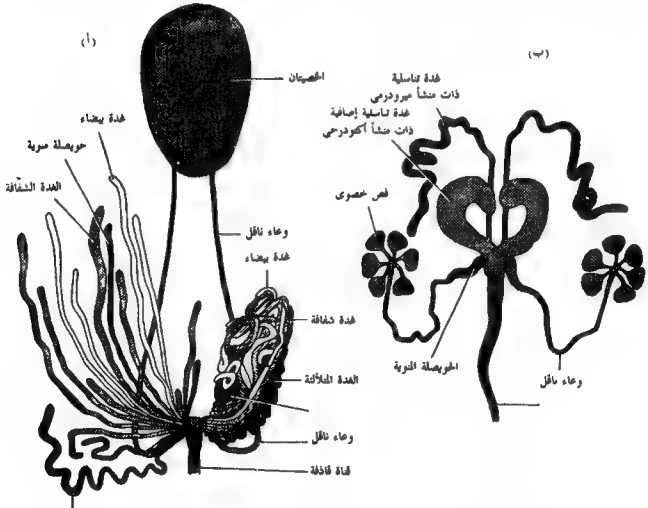
الذكر MALE

١٣-١ تشريح أعضاء التناسل الداخلية في الذكر

Anatomy of male internal reproductive organs

يتكون الجهاز التناسلي في الذكر من خصيتين (testes) تتصل كل منهما بمويصلة منوية Seminal vesicle. وتتصل الحويصلتان المنويتان بقناة قاذفة وسطية (شكل ١٣-١) . ويوجد في معظم الحشرات عدد من الغدد المساعدة التناسلية التي تفتح في الأوعية الناقلة Vasa deferentia أو في القناة القاذفة .

الخصية Testis : تقع الخصيتان في منطقة البطن أعلى أو أسفل القناة الهضمية وغالباً ما تتواجدان بالقرب من الخط الوسطى الظهري . تتركب كل خصية عادة من عدد من أنابيب أو حويصلات منوية testes tubes or follicles وتوجد أحياناً أنبوبة خصوية واحدة كما في الحشرات التابعة لرتبة *Adephage* (رتبة غمدية الأجنحة) أو أنبوتان كما في القمل . أما في الحشرات التابعة لفصيلة *Acrididae* فيوجد بكل خصية أكثر من ١٠٠ أنبوبة خصوية ، وفي حالات أخرى كما في رتبة حرشفية الأجنحة لا يوجد فصل كامل بين الأنابيب الخصوية (شكل ١٣-٣ ب) . وفي الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة تتركب الخصية من أكياس غير مقسمة يمكن اعتبارها كحويصلة خصوية واحدة وفي بعض الأحيان قد تتركب الخصية من سلسلة من الفصوص كل منها يحتوى على عدد من الحويصلات . ففي الذكور التابعة لجنس *Prionoplus* تتركب كل خصية من عدد من الفصوص يتراوح ما بين ١٠ إلى ١٥ فصاً . وبكل فص يوجد حوالي ١٥ حويصلة (١٣-١ ب) وغالباً ما تظهر الخصيات في الحشرات عديمة الأجنحة *Apterygota* على هيئة أكياس غير منفصلة . وفي هذه الحالة يكون من الصعب مقارنتها



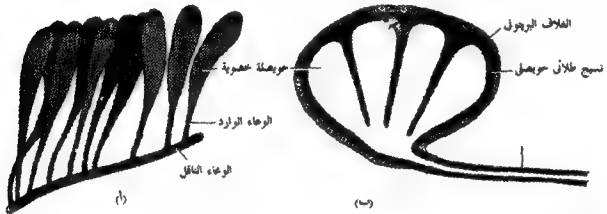
(شكل ١٣ - ١) الجهاز التناسلي الذكري في .

(أ) جنس *Locusta* ، يلاحظ أن العدد الغدد التناسلية الإضافية (المساعدة) في وضعها الطبيعي في الجهة اليمنى ، ومنفصلة في الجهة اليسرى

(ب) جنس *Tenebrio* (من Uvarov, 1966 & Imms, 1957)

بالعدد التناسلية لحشرات أخرى ، حيث إن المنطقة الجرثومية تتخذ وضعاً جانبياً بالخصية بدلا من المكان العرفى في الحالات العادية .

الأوعية الناقلة *Vas deferens* : يخرج من كل حويصلة خصوية أنبوبة قصيرة دقيقة تعرف بالوعاء الوارد *Vas efferens* الذى يفتح بالتالى في وعاء ناقل (١٣-٢٠ أ) . والوعاء الناقل عبارة عن أنبوبة يلفها نسيج طلائى سميك نسبياً يرتكز من الخارج على غشاء قاعدى يليه للحارج طبقة من عضلات دائرية . يتجه الوعاء الناقل من كل خصية للخلف ويتصل بالطرف البعيد للقناة القاذفة . وفي كثير من الأحيان قد ينتفخ الوعاء الناقل مكوناً حويصلة منوية *Seminal Vesicle* (شكل ١٣-١ ب) . أما في حالات أخرى كما في ذكور الحشرات التابعة لفصيلة *Aceridae* فإن الحوصلات المنوية تنشأ كتراكيب منفصلة من القناة القاذفة (شكل ١٣-١ أ) في حين أنه في بعض الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة توجد حويصلة منوية واحدة وسطية .



شكل (١٣-٢)

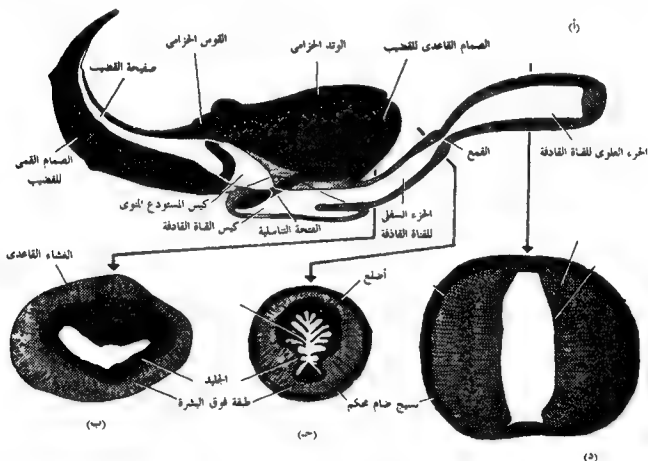
- (أ) سلسلة من حوصلات خصوية تفتح كل منها مستقلة في الوعاء الناقل ، كما في حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة .
 (ب) قطاع في خصية التي تكون حوصلاتها غير كاملة الانفصال وتفتح جميعاً في فتحة مشتركة في الوعاء الناقل ، كما في حشرات رتبة حرشفية الأجنحة (Snodgrass, 1935)

القناة القاذفة Ejaculatory duct : تقود القناة القاذفة إلى عضو السفاد *aedeagus*، وهي تنشأ من الطبقة الجينية الخارجية ويطنها جليد ويوجد في جزء من جدارها على الأقل نسيج عضلى . أما في حالة نخل العسل من جنس *Apis* فإن القناة القاذفة تكون خالية من الألياف العضلية تماماً (Snodgrass 1956) .

في حالة إنتاج الذكور لمستودع منوى فإن القناة القاذفة تظهر بصورة أكثر تعقيداً في تركيبها، فمثلاً في الجراد من جنس *Locusta* تتركب القناة القاذفة من قاتنين إحداهما علوية والأخرى سفلية وتتصلان ببعضهما بواسطة انقباض أنبوى قمعى الشكل (شكل ١٣-٣ أ)، يظهر التجويف الداخلى للقناة العلوية على هيئة شتى عمودى يضمه عرضياً نسيج طلائى عمادى (شكل ١٣-٣ د)، وفي الجزء الوسطى القمعى يظهر الجليد على هيئة سلسلة تتكون غالباً من تسعة أضلاع على كل جانب . تحنى هذه الأضلاع إلى أعلى وللخلف لى تتقابل مع الخط الوسطى

الظهري، وتبرز بحث نبدو هذه الأضلاع وكأنها قد قسمت التجويف الداخلي تقريبا (شكل ١٣-٣ ج). أما تجويف الجزء السفلي من القناة فإنه يبدو دائريا ويؤدي إلى كيس القناة القاذفة ejaculatory sac وكيس المستودع المنوي Spermatophore Sac (شكل ١٣-٣ أ، ب) وتنتشر الألياف بمجراد الجزء العلوي من القناة القاذفة بينما تكون غائبة في المناطق الأخرى. (Gregory 1965).

تبدو القناة القاذفة في الحشرات التابعة لجنس *Oncopeltus* (رتبة نصفيّة الأجنحة غير المتجانسة) أيضاً بصورة معقدة في التركيب حيث تكون مسفولة عن انتصاب القضيب (Bonhag and Wick, 1953). أما في الحشرات التابعة لرتبة ذباب مايو فإن القناة القاذفة تكون غائبة كلياً حيث يتصل كل وعاء ناقل بفتحة تناسلية مستقلة. أما في الحشرات التابعة لرتبة جلدية الأجنحة فلدنيا زوج من القنوات القاذفة ولو أن إحداها قد تكون أثرية في بعض الأحيان، فمثلاً في الحشرات التابعة لجنس *Forficula* تظهر القناة القاذفة اليمنى كاملة التكوين في حين تكون القناة اليسرى أثرية (Popham, 1965).



(شكل ١٣-٣) عضو الطفح الذكري والقناة القاذفة في جنس *Locusta*

(أ) منظر جانبي بعد إزالة المعدلات

(ب) قطاع عرضي في الجزء السفلي للقناة القاذفة .

(ج) قطاع عرضي في القمم .

(د) قطاع عرضي في الجزء العلوي للبقعة الناذفة phallotreme . (عن Gregory 1965)

الغدد المساعدة التناسلية (الإضافية) accessory glands : تفتح الغدد المساعدة التناسلية في الذكر إما في الأوعية الناقلة أو في الطرف البعيد للقناة القاذفة . قد تنشأ هذه الغدد من الطبقة الجنينية الخارجية ويطلق عليها حينئذ ectadenia وتتصل بالقناة القاذفة ، ويوجد ذلك في الحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة وفي بعض المجموعات الحشرية الأخرى. وقد تنشأ الغدد من الطبقة الجنينية الوسطى ويطلق عليها mesadenia كالتي توجد في الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة وفي بعض الحالات كما في جنس *Tenebrio* (رتبة غمدية الأجنحة) . يوجد نوعا الغدد معاً (شكل ١٣-١ ب) .

وتختلف أعداد الغدد المساعدة التناسلية باختلاف أنواع الحشرات ، ففي الحشرات العديمة الأجنحة وبعض الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة تغيب الغدد المساعدة أما في الجراد من جنس *Locusia* فيوجد ١٥ زوجاً من هذه الغدد هذا بخلاف الحويصلات المنوية القرية الارتباط بها (شكل ١٣-١ أ) ، وفي الصرصور من جنس *Periplaneta* يوجد عدد كبير جداً من الغدد المساعدة .

تختلط إفرازات الغدد المساعدة التناسلية مع الحيوانات المنوية في السائل المنوي أو قد تنحصر بتكوين المستودعات المنوية .

١٣-٢ مراحل تكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis

يوجد في الطرف القمي لكل أنبوبة خصوية المنطقة المنشأ أو الجرثومية germarium حيث تنقسم الخلايا الجرثومية بهذه المنطقة إلى أمهات منى Spermatogonia (شكل ١٣ - ٤) . في رتبة الصراصير وفرس النوى ورتب ومستقيمة الأجنحة ونصفية الأجنحة المتجانسة وحرشفية الأجنحة تحصل أمهات المنى على العناصر الغذائية اللازمة لها من خلية كبيرة بالمنطقة الجرثومية تسمى الخلية القمية Apical Cell التي تتصل أمهات المنى بها بواسطة إتصالات سيتوبلازمية . أما في رتبتي حشرات ثنائية الأجنحة ونصفية الأجنحة غير المتجانسة فإن العناصر الغذائية تتوفر لأمهات المنى من مدج خلوي عديد الأنبوية وقد شوهد في رتبة ثنائية الأجنحة انتقال الأجسام السبحية (الميتوكوندريا) من هذا المدج إلى أمهات المنى (Carson, 1945) .

تفتقد هذه الاتصالات القمية بعد فترة وترتبط أمهات المنى بخلايا أخرى تحيط بها على هيئة حويصلة خلوية Cyst ، وقد توجد واحدة أو أكثر من أمهات المنى بداخل الحويصلة الخلوية ، وقد تكون الخلايا المكونة لهذه الحويصلة أصلاً عبارة عن أمهات منى لم تحصل على العناصر اللازمة لنموها ، وبالتالي فشلت في تطورها الطبيعي . وقد تتوفر كمواد غذائية للخلايا المنوية النامية . في الحشرات جنس *Papietia* (رتبة غمدية الأجنحة) قد ينغمد مقدم خلايا أمهات المنى أثناء إحدى مراحل نموها في جدار الحويصلة الخلوية حيث قد يسهل ذلك إنتقال المواد الغذائية إليها (S. Anderson, 1950) . وفي الحشرات التابعة لنصفية الأجنحة الغير المتجانسة تنتشر ضمن الحويصلة خلايا مغذية كبيرة وذات أنوية منتظمة الشكل .

ولإنتاج أعداد كبيرة من أمهات المنى يؤدي إلى إندفاع الخلايا المتكونة سابقاً في اتجاه قاعدة الأنبوبة الخصوية وبالتالي يمكن الحصول على تتابع من خلايا تناسلية في مراحل نمو مختلفة بداخل كل أنبوبة خصوية ، أحدثها تكويناً توجد في الطرف البعيد بالمنطقة الجرثومية وأكبرها عمراً توجد عند قاعدة الأنبوبة في اتجاه الوعاء الناقل .

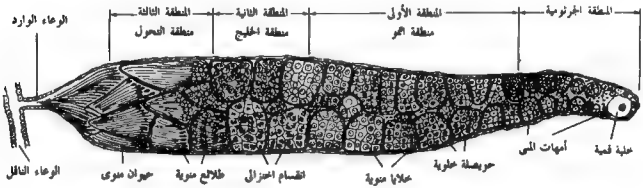
ويمكن تمييز ثلاث مناطق للنمو أسفل المنطقة الجرثومية (شكل ١٣-٤) وهي :-

١ - منطقة النمو Zone of growth وتزداد بتلك المنطقة أمهات المنى في الحجم وهي محصورة داخل حويصلة خلوية وتنقسم عدة انقسامات غير مباشرة مكونة خلايا منوية Spermatocytes .

٢ - منطقة النضج والاختزال Zone of maturation and reduction . وهي المنطقة التي تنقسم فيها كل خلية منوية انقساماً اختزالياً ، وتتكون طلائع المنى Spermatids .

٣ - منطقة التحول Zone of transformation . وفيها تتحول طلائع المنى إلى حيوانات منوية ذات ذنب Spermatozoa ويُطلَق على عملية التحول Spermiogenesis .

وحيث إن خلايا الحويصلة الواحدة تشتت جميعاً من خلية واحدة من خلايا أمهات المنى فيلاحظ أن مراحل نموها جميعها متزامن ويعتمد عدد الحيوانات المنوية بكل حويصلة خلوية على عدد الانقسامات التي تحدث في الخلايا المنوية مع ملاحظة أن هذا العدد ثابت في الجنس الواحد . فيوجد ما بين ٥ - ٨ انقسامات للخلايا المنوية في الحشرات التابعة لفصيلة Acrididae وسبعة انقسامات في الحشرات التابعة لجنس melanoplus وذلك قبل حدوث الانقسام الإختزالي وفي النهاية يوجد بكل حويصلة حوالي ٥١٢ حيواناً منوياً . يتكون عادة أربعة حيوانات منوية من كل خلية منوية .



(شكل ١٣-٤) شكل توضيحي لحويصلة خصوية أثناء مراحل تكوين الحيوانات المنوية . (عن Wigglesworth 1965)

ويختلف الوقت اللازم للإنتهاء من تكوين الحيوانات المنوية باختلاف الحشرات ففي حشرات جنس melanoplus تستغرق هذه العملية حوالي ٢٨ يوماً ، منها ٨ - ٩ أيام لانقسام الخلايا المنوية أما مرحلة تحول طلائع المنى إلى حيوانات منوية فتتم في ١٠ أيام . (muckenthaier, 1964) . وفي معظم الحشرات يتم الانقسام الإختزالي قبل الانسلاخ الأخير أما في الحشرات التي لا تتغذى في الطور الكامل فتتم تكوين الحيوانات المنوية قبل خروج الحشرات الكاملة .

الحزم المنوية *Sperm bundles* : في كثير من الحشرات تتجمع الحيوانات المنوية في حزم ويحدث ذلك على الأقل أثناء فترة من مراحل تكوينها أو قد يستمر وجود هذه الحزم ، حتى أنها تنقل إلى الأنثى على هذا الشكل . وعادة توجد الحيوانات المنوية في جنس *Thermobia* في أزواج ، حيث تلتصق حول بعضها ، ولو أن لكل منها غشاء خلوي خاص بها إلا أنه تظهر مادة معتمة بينهما ، وبالإضافة إلى ذلك قد يوجد غلاف خارجي يضم الحيوانات المنوية معا . كذلك قد توجد الحيوانات المنوية في ذكور غمدية الأجنحة في أزواج .

يوجد في رتبة مستقيمة الأجنحة والرعاشات نوع آخر من الحزم المنوية يُطلق عليها الشروط المنوية *Spermatodesm* . وتتألف الحيوانات المنوية للحزمة الواحدة بواسطة غشاء هلامي ، حيث تنفر فيه منطقة رأس الحيوان النوى . تنفصل الحيوانات عادة عند وصول الشروط المنوية إلى الوعاء الناقل ، ولكن في الحشرات التابعة لفصيلة *icridiz* يستمر وجود الشروط المنوية حين انتقالها داخل جسم الأنثى .

١٣-٢-١ عملية تحول طلائع المنى إلى حيوانات منوية

تتكون طلائع المنى بعد الانقسام الاختزالي مباشرة وتظهر هذه كخلية مستديرة بها المكونات الخلوية المعروفة ، وعلى ذلك حدوث تعديلات بها ينتج عنه تحويلها إلى حيوان منوي وتسمى هذه العملية تكوين الحيوانات المنوية *Spermiogenesis* ، وتشمل إعادة تنظيم المكونات الخلوية .

١٣-٣ انتقال الحيوانات المنوية إلى الحويصلة المنوية

Transfer of sperms to the seminal vesicle

في بعض الحشرات التابعة لرتبة نصفية الأجنحة غير المتجانسة ، وتلك التي تتبع جنس *Chortophaga* (رتبة مستقيمة الأجنحة) وفي كثير من الحشرات الأخرى ، تتحول الحيوانات المنوية بداخل الحويصلات المحسوبة قبل أن تغادر الخصية ، فتهاجر في اتجاه حلزوني إلى منطقة الخلايا المنوية الثانوية ، ثم تعود مرة أخرى ، وتنقل إلى الوعاء الناقل .

ويختلف مصدر الحويصلة الخلوية ، فمثلا في جنس *Prionplus* تتحلل الحويصلة الخلوية بداخل الخصية (Edward ١٩٦١م) ولوحظ في جنس *Popilla* تسرب الحيوانات المنوية من الحويصلة الخلوية أثناء خروجها من الخصية ولو أن هذه الحويصلة تظل مرافقة للحيوانات في السائل النوى وتنقل إلى الجراب التناسلي للأنثى حيث تتحلل به نهائيا . ويعتقد أنه أثناء ذلك ينطلق منها الجليكوجين الذي يستفاد منه في الإبقاء على حيوية الحيوانات المنوية ،

(J. Anderson, 1950)

تكون الحيوانات المنوية عديمة النشاط أثناء وجودها بالوعاء الناقل ، وتنقل منه نتيجة حدوث انقباضات عضلية دودية بجدار الوعاء الناقل (Payne, 1933, 1934) .

الفصل الرابع عشر وضع البيض والبيضة

OVIPOSITION AND THE EGG

في بعض الحشرات لا يوجد بالأثنى عضو خاص مرتبط بوضع البيض ، ولكن في حشرات أخرى يتحور الجزء الخلفي من الجسم وبعض الزوائد البطنية لتكوين آلة وضع البيض *ovipositor* عن طريقها تتمكن الأثنى من إدخال بيضها في أماكن معينة إما بداخل النسيج النباتي أو الحيواني ، بدلاً من وضع بيضها على أحد الأسطح بالبيئة . قد يوضع البيض في صورة منفردة أو في مجاميع ، وفي بعض الأجناس يوضع البيض في تركيب محصص لحمايته يسمى بكيس البيض *ootheca* وهذا الكيس يتكون من إفرازات الغدد التناسلية المساعدة في الأثنى . ويمكن وضع البيض المختار بواسطة الأثنى يكون عادة مميزاً للنوع الواحد . وهذا الاختيار هام ، حيث إن بقاء البيض حي وتوفر الغذاء لليرقات عند فقسها متوقف على هذا الاختيار . ويرتبط انتقاء المكان بمجذب عام لمنطقة معينة ، ثم استجابة خاصة للرقعة التي يتم وضع البيض بها .

وبعض الحشرات عادة كبر الحجم ، نظراً لاحتوائه على نسبة كبيرة من المح . وقشرة البيضة معقدة التركيب وقد تحتوي على تجاويف على اتصال بالهواء الجوي وذلك عن طريق عدد من الثقوب الصغيرة ، أو في بعض الحالات يتم الاتصال بالهواء الجوي عبر شبكة مفتوحة . وهذا النظام يسهل تبادل الغازات حول السطح الكلي للبيضة ، وفي بعض الأحيان عندما يكون بيض الحشرات الأرضية معرضاً للغمر بالماء قد يقوم بوظيفة درع بطيء . ويقل فقد الماء من البيضة نتيجة لوجود طبقة هيمية بداخل قشرة البيضة . وأحياناً تتكون طبقة هيمية أخرى في الجليد الجنيني *embryonic cuticle*

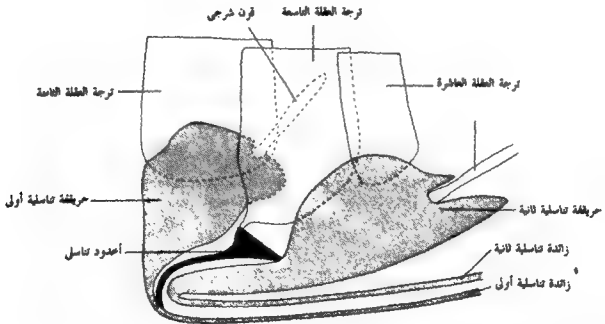
ويستطع كثير من بيض الحشرات امتصاص ماء أثناء نمو الجنين به ، وبالتالي يزداد البيض جداً في الحجم كذلك يوجد بقشرة البيض ثقب واحد صغير أو أكثر من ثقب مائلاً إلى داخلها يدخل عن طريقه الحيوان النوى إلى داخل البيضة .

١-١٤ الأعضاء التناسلية الخارجية في الأثنى *Female genitalia*

توجد الفتحة التناسلية في إناث الحشرات عادة على أو خلف الحلقة البطنية الثامنة أو التاسعة ، ويشذ عن ذلك حشرات رتيبية *Ephemeroptera* و *Dermaptera* حيث توجد الفتحة التناسلية خلف الحلقة السابعة . وفي

كثير من الرتب لا يوجد جهاز متخصص لوضع البيض ، ولو أن بعض الحلققات البطنية النهائية تكون طويلة وتلسكوبية ، حيث تكون آلة لوضع البيض . ومثل هذا التركيب يوجد في رتب حرشفية وغمدية وثنائية الأجنحة . وفي الذباب *Musca* يكون الجزء التلسكوبى من الحلقة السادسة إلى الحلقة التاسعة . وعند عدم الاستعمال تنضم هذه الحلققات تلسكوبيا بداخل الحلقة الخامسة .

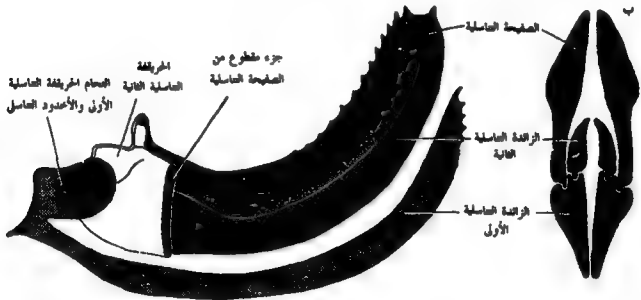
يعتقد (Scudder 1961) أن آلة وضع البيض في جنس *Lepisma* ذات تركيب يمكن إعتباره كقاعده نموذجية لآلة وضع البيض والذي منه يشتق آلات وضع البيض في الحشرات الأخرى . يوجد بقاعدة آلة وضع البيض وعلى كلا جانبيها حريقتة الحلققات الثامنة والتاسعة . وتعرف هذه بالحريقتات التناسلية الأولى والثانية *First and Second gonocoxae* . وقد أسماها (Snodgrass 1935) بالصفائح حاملة المصارع *valvifers* (شكل ١٤-١٠) ويتمفصل مع كل حريقتة زائدة رقيقة التي تنحني لأعلى ، والتي تسمى بالزوائد التناسلية الأولى والثانية *First and Second gonopophyses* والتي أطلق عليها (Snodgrass 1935) بالمصارع *volvae* هذه الزوائد تكون بحرى لآلة وضع البيض *Shaft* . في جنس *Lepisma* يلتحم على كل من الجانبين الزوج الثانى من الزوائد التناسلية بحيث أن الحبرى *Shaft* تكون مركبة من ثلاثة عناصر تتوافق معا لتكوين أنبوبة يمر فيها البيض . أخيرا توجد بقاعدة آلة وضع البيض صلبة صغيرة تسمى بالأعدود التناسلي *gonangulum* التي تتصل بقاعدة الزوج الأول من الزوائد التناسلية ويتمفصل مع الزوج الثانى للحريقتات التناسلية وترجه الحلقة التاسعة غالبا يمثل الأعدود التناسلي جزءا من الحريقتة التاسعة .



(الشكل ١٤-١٠) منظر داخل للعضل التناسلي في جنس *Lepisma* لشرح الشكل ثم تعديل ووضع بعض الصليبات القاعدية لآلة وضع البيض .
القرن الشرعية تحمل على عضل آخرى ولا تعبر من ضمن أجزاء آلة وضع البيض .
(Scudder, 1961)

وفي بعض حشرات *Thysanura* ومجموعة الحشرات المجنحة توجد زائدة أخرى على الزوج الثاني للحريقات التناسلية تسمى بالصفيفة التناسلية *gonopier* (واطلق عليها Snodgrass, 1935 المصراع الثالث) قد تكون أولا تكون كصلية منفصلة ، أو تكون على هيئة غمد حول الزوائد التناسلية . الصفيفة التناسلية تكون واضحة التركيب في حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة ، حيث تضم الصفائح الظهرية لآلة وضع البيض مع الزوج الثاني للزوائد التناسلية مغلقة بدائل الجرى كما في النطاطات (شكل ١٤ - ٢) ، أو تكون مختصرة كما في صراصير النبط . في جميع حشرات مستقيمة الأجنحة يلتحم الأعدود التناسلي مع الحريقات التناسلية الأولى .

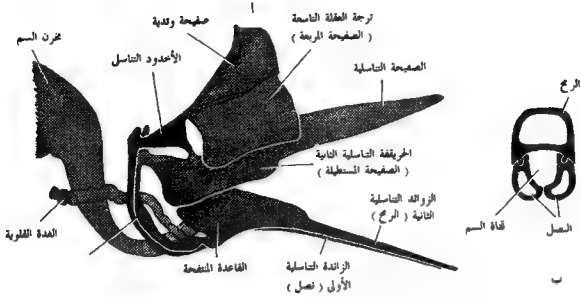
يتطور تركيب آلة وضع البيض لملائمة عادات وضع البيض ، فإذا كانت الحشرة تضع بيضها في النسيج الحيواني أو النباتي ، فإن صمام ونصل آلة وضع البيض والجزء الأمامي من الأعدود التناسلي يكون شديد الصلابة أما الأجناس التي تضع بيضها على أسطح الأوراق ، فالزوائد التناسلية بها تكون غشائية ، والطرف الأمامي للأعدود التناسلي أيضا غشائي ، أو قد يكون غالبا (Scudder 1959) .



شكل ١٤-٢ : آلة وضع البيض في *Tettigoniidae*

(أ) سطر جانبي بعد إزالة إحدى الصفائح التناسلية . (ب) قطاع عرضي .
(من Snodgrass 1935) .

في النحل من جنس *Apis* تسمى الزوائد التناسلية الأولى بالتصال *longets* ، والزوائد التناسلية الثانية المتحمة تسمى الرمح *stylet* . وهذه تكون مجرى مقبوبة ذات قاعدة متضخمة (شكل ١٤ - ٣) وتعتبر كمخزن لإفرازات غدد السم *Poison gland* وغدد السم تسمى أحيانا بالغدد الحمضية *acid gland* ، وتتركب من زوج من الغدد الأنبوبية يفتحان معا بواسطة أنبوبة مشتركة في مخزن السم . وتوجد غدة ثانوية ، وتسمى الغدة القاعدية *alkaline gland* تفرج إفرازاتها بقاعدة آلة اللسع . ووظيفة الغدة الثانوية غير محددة بالضبط ، ولكن تكون مرتبطة بتشحيم آلة اللسع .



شكل ١٤-٣ : تركيب آلة وضع البيض في شحالة نحل العسل من جنس *Apis*.
(أ) منظر جانبي (ب) قطاع عرضي في آلة وضع البيض.

١٤-٣ وضع البيض Oviposition

١٤-٢-١ عادات وضع البيض

لاختيار الأنثى مكاناً مناسباً لوضع البيض أهمية كبرى ، وذلك لكي تضمن حماية البيض من الظروف البيئية ، وكذلك توفير غذاء مناسب لليرقات التي تكون ضعيفة الحركة فور خروجها من البيضة ، فمثلاً تضع حشرات حرشفية الأجنحة ونصفية الأجنحة غير المتجانسة بيضها على الأسطح النباتية الملائمة لغذاء اليرقات ، وكثيراً ما تختار السطح السفلي للورقة ، حتى لا يكون البيض معرضاً لدرجات الحرارة والجفاف . ويتم لصق البيض على الأسطح النباتية بواسطة إفرازات من العدد التناسلية المساعدة . وقد تضع البيض في صورة فردية ، كما في *Pieris rapae* ، أو في مجاميع ، كما في *Pieris brassicae* .

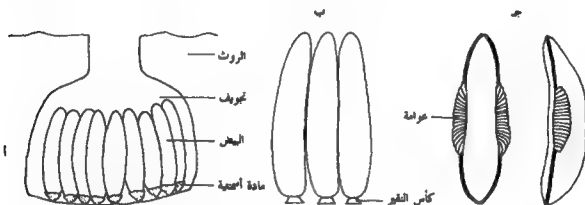
قد يتم وضع البيض في التربة كما في *Asilidae* والبطاطات من رتبة مستقيمة الأجنحة ، وكثير من ذباب رتبة ثنائية الأجنحة يضع البيض بداخل أو على سطح روث أو جيفة الحيوانات .

في حشرات *Thysanoptera* ، *Tettigonsids* كثيراً ما تضع الأنثى بيضها في النسيج النباتي مستخدمة آلة وضع البيض وكثيراً من الحشرات المتطفلة من رتبة ثنائية الأجنحة تضع بيضها على العائل المناسب ، في حين أن الحشرات المتطفلة من رتبة غشائية الأجنحة يكون لديها آلة وضع بيض متخصصة لوضع البيض بداخل جسم العائل .

ولأجناس حشرية أخرى عادات مختلفة لوضع البيض فمثلا حشرات *Scoroborus* (رتبة غمدية الأجنحة) تبنى غرفاً تحت التربة وتخزن بها كودم، أو أكثر من الروث وتضع بيضة في كل كودم، ويحتر الروث غذاءاً لليرقات. وفي جنس *Copis* (رتبة غمدية الأجنحة) يتم بناء غرفة تحت التربة بواسطة الذكر والأنثى معا. أما في الحشرات الاجتماعية، فيتم وضع البيض في خلايا منشأة خصيصاً لذلك.

كذلك توجد عادات مختلفة لوضع البيض في الحشرات ذات الرقات المائية، فمثلا في البعوض من جنس *Culex* تستقر الأنثى على سطح الماء وتضع رافداً مسطحاً يضم من ١٥٠ - ٣٠٠ بيضة يطفو على سطح الماء (شكل ١٤-٤)، ويوضع البيض الرعاشات على سطح الماء إما نتيجة إسقاطه من أعلى، أو بملامسة نهاية البطن لسطح الماء ولكن في هذه الحالة يسقط البيض تدريجياً إلى القاع، وفي حالات أخرى، كما في هاموش جنس *Chironomus*، يتم وضع البيض في خط يرسى بالسطح (شكل ١٤-٦).

وقد تضع حشرات أخرى ذات يرقات مائية بيضها على النباتات العائمة، كما في بعض حشرات *Zygoptera*.



(شكل ١٤-٤) (أ) بيض حشرات جنس *Orthellia* بداخل تجويف في روث حيواني. (عن Hinton, 1960a)

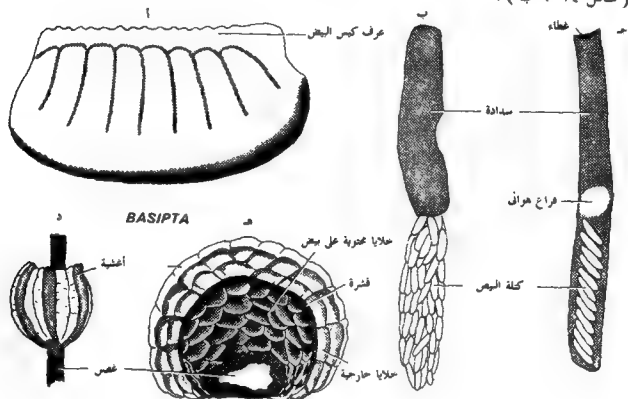
(ب) بيض بعوض جنس *Culex* مينا كأس القير الكاره للبلل. (ج) بيض بعوض جنس *Anopheles*، منظر بطني وجانبي (عن Marshall, 1938)

١٤-٢-٢ كيس البيض

ولو أنه في معظم الحالات يتم لصق البيض أعلى أو أسفل سطح التربة، فإن بعض أجناس الحشرات تضع بيضها داخل كيس بيض متكون من إفرازات الغدد التناسلية المساعدة، فمثلا في الصرصور من جنس *Blatta* تضع الأنثى البيض في صفين بكل صف ٨ بيضات داخل كبسولة تنديغ أثناء تكوينها (شكل ١٤-٥ أ)، وعلى طول الحافة العلوية للكبسولة توجد تجاويف تتصل بالهواء الخارجي عن طريق ثقب صغير، وذلك لتنفس البيض.

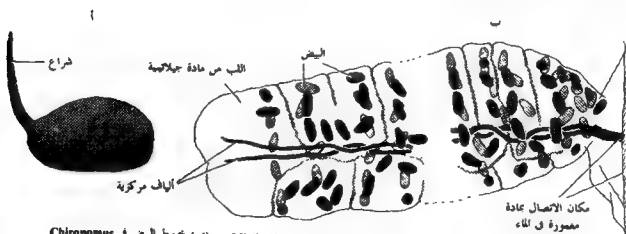
وتضع إناث الجراد التابع لفصيلة *Acrididae* البيض أسفل سطح التربة في مجاميع على هيئة كتل ملتصقة بإفراز رغوي أما الحفرة التي تملأ كتلة البيض فتغطي بطبقة من نفس المادة الرغوية (شكل ١٤-٥ ب، ج).

أما الحشرات المائية من جنس *Hydrophilus* فتضع بيضها داخل شرنقة حريرية ذات قلع (شكل ١٤-٦ أ). وهناك حشرات أخرى يضم بيضها خيوط من مادة جيلاتينية، كما في أنواع الهماموش *Chironomus* و *Trichoptera* (شكل ٦-١٤ ب).



(شكل ١٤-٦)

(أ) كيس البيض في حشرات جنس *Blatta* (Rogge, 1965) (ب) (ج) كتل البيض في الخراف من جنس *Acerida* و *Nomadacris* (د) كيس البيض في *Bosipta* (Chopman and Robertson, 1958) (هـ) قطاع عرضي في كيس البيض لجنس *Bosipta* (مير و شارب، ١٩٠٤) (ع)



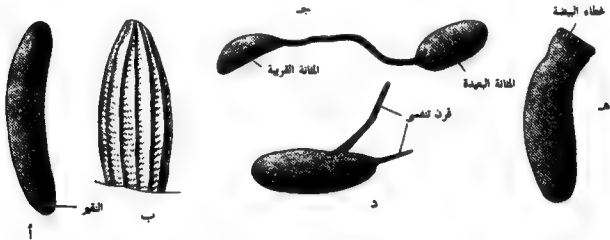
(شكل ١٤-٦) (أ) شرنقة البيض في حشرات *Hydrophilus* (من Minil, 1922) (ب) خيوط البيض في *Chironomus*

١٤-٣ البيضة The egg

١٤-٣-١ التركيب

بيض الحشرات المهودجي يكون كبير الحجم ، حيث إنه يحتوي على نسبة كبيرة من المح ؛ فمثلا بيض *Acrididae* يصل طوله إلى ٨ مم ، وقطره ١ مم ، أما بيض الحشرات الصغيرة ، مثل الذباب *Musca* فلا يزيد طول البيضة عن ١ مم . وبعض الحشرات المتطفلة داخليا من رتبة غشائية الأجنحة التي تنمو يرقاتها على السوائل الداخلية لحشرات أخرى يكون بيضها صغير الحجم ، وبه نسبة قليلة جدا من المح . وعلى سبيل المثال .. فيبيض حشرات *Platygyasteridae* التي تتطفل على يرقات *Cecidomyid* يبلغ طوله ما بين ٠.٠٢ و ٠.١ مم .

ويظهر بيض الحشرات في أشكال مختلفة كثيراً ما يتخذ شكل منطاد كما في حشرات رتبتي مستقيمة وغشائية الأجنحة (شكل ١٤ - ١٧) أو غروط كما في (شكل ١٤ - ٧ ب) ، أو مستدير ، كما في كثير من الفراشات ورتبة نصفية الأجنحة الغير متجانسة . وبيض بعض الحشرات التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة وفي *Nepidae* قد تمتد قشرته على هيئة قرن (شكل ١٤ - ٧ د) ، في حين أن كثيراً من بيض الحشرات المتطفلة من رتبة غشائية الأحصنة تتميز بوجود نتوء يُسمى بالسويقة *Pedicel* في أحد أطراف البيضة . أما بيض *Encyrtus* (رتبة غشائية الأجنحة) فيأخذ شكلاً شاذاً ، حيث يتكون من مئنتين متصلتين بأنبوبة صمغية (شكل ١٤ - ٧ ج) ، وأثناء وضعه تنقل محتويات البيضة من المثانة القريبة إلى المثانة البعيدة ثم تفقد المثانة القريبة . ويعتقد بأن هذا التركيب قد يسهل من دخول البيضة إلى العائل من خلال ثقب صمغى نسبياً .

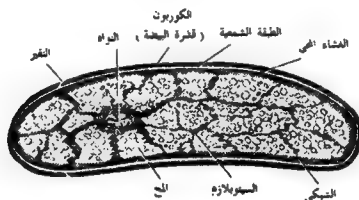


(شكل ١٤-٧) بعض أشكال البيض :-

- (أ) *Locusta* (رتبة مستقيمة الأجنحة) .
- (ب) *Pieris* (رتبة حرشفية الأجنحة) .
- (ج) *Microterys* (رتبة غشائية الأجنحة) .
- (د) *Drosophila* (رتبة غشائية الأجنحة) .
- (هـ) *Capes* (رتبة نصفية الأجنحة الغير متجانسة) .
- (ملحوظة :- يختلف مقياس الرسم في الأشكال السابقة) .

يُكون السيتوبلازم في البويضة الحديثة الوضع من طبقة محيطية تُسمى بالريبلازم أو السيتوبلازم المحيطي Periplasm وشبكة داخلية غير منتظمة بها المح وتحمل نواة الزيجوت عادة مكان خلقى بالبويضة . وتحاط البويضة بالفشاء اضى vitelline membrane للخارج الكوريون chorion أو قشرة البويضة ، وبها طبقة شمعية من الداخل (شكل ١٤ - ٨) .

وفي مراحل التطور التالية يتم تكوين طبقة الجليد المهنى Serosal Cuticle التي تتركب من طبقة جليد داخلي شيتيني chitinous endocuticle ، وقد يسمى بالجليد الأبيض white cuticle ، ثم طبقة الجليد السطحي epicuticle . ويوجد بها طبقة شعمية ثانية مدججة بالغشاء اضي من الخارج .



(شكل ١٤-أ) رسم تخطيطي لموضع تركيب البضعة .

تركيب الكوريون :- يتم إفراز قشرة البيضة التي تسمى بالكوريون بواسطة الخلايا الحويصلية أثناء وجود البيضة بالبيض.

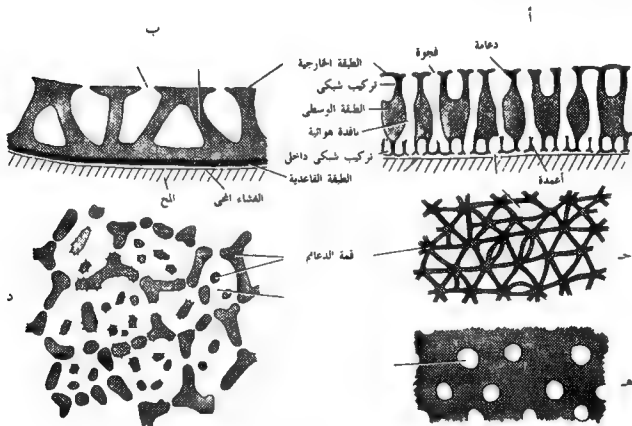
قد يتميز الكوريون إلى طبقتين ، طبقة داخلية أو القشرة الداخلية endochorion وطبقة خارجية أو القشرة الخارجية exochorion ويدخل في تركيب الطبقة الخارجية البروتين المذبوغ وكوريونين chorionine وهو مشابه في تركيبه لطبقة الجليد السطحي بمحار جسم الحشرة .

و غالباً ماتتشر فراغات هوائية بعض مناطق الكوريون . فمثلا في حشرة *Tetrix* (رتبة مستقيمة الأجنحة) تكون الطبقة القاعدة للكوريون على هيئة صفيحة مستمرة تبرز منها دعائم تحجز بينها فراغات هوائية (شكل ١٤ - ٩ أ) وقد تلحم أطرافها الخارجية ، وبالتالي تظهر الطبقة الخارجية للكوريون كأنها صفيحة مثقبة (شكل ١٤ - ٩ ب) .

و حشرات أخرى يكون التركيب أكثر تعقيدا ، فمثلا في ذباب *Musca* تنتشر الفراغات الهوائية بغزارة على هيئة شبكة في الطبقة الخارجية والداخلية للكوريون (شكل ١٤ - ١٩ ، د) وهذه تتصل ببعضها عن طريق أنابيب دقيقة تُسمى المنافذ الهوائية *acropyles* .

و يمتاز السطح الخارجي للكوريون بأنه كاره للماء كما في بيض *Musca* و *Calliphora* ، أما في بيض *Tetrix* و *Erioischia* (رتبة ثنائية الأجنحة) ، فيبتل السطح بسهولة .

وقد يكون لبيض بعض الأجناس غطاء *aperculum* ويتصل بجسم البيضة عبر خط ضعيف لتسهيل عملية الفقس (شكل ١٤ - ٧ هـ) مثل هذا الغطاء يوجد في *Cimicomorpha* و *Rhodnius* ، ويختلف تركيب غطاء البيضة عن باقي قشرة البيض ولو أنه يتركب من نفس العناصر ، ولكن به تكون طبقة الجليد الداخل أقل سمكا ، ولو أن الطبقة المحيطة *amber layer* تكون أكثر سمكا . وتظهر النقر الحويصلية على هيئة شقوق ، ولكنها لا تمتد إلى طبقة الجليد الداخلي . ويتصل الغطاء بباقي القشرة عن طريق عمود مغلف *Seal bar* يتكون من طبقة دقيقة جداً من الجليد الداخلي وطبقة يحيطه *ambercoicr* سمكة . ويوجد خط ضعيف التركيب بمكان اتصال العمود المغلف بالغطاء (Beamont, 1946a, 1947) .

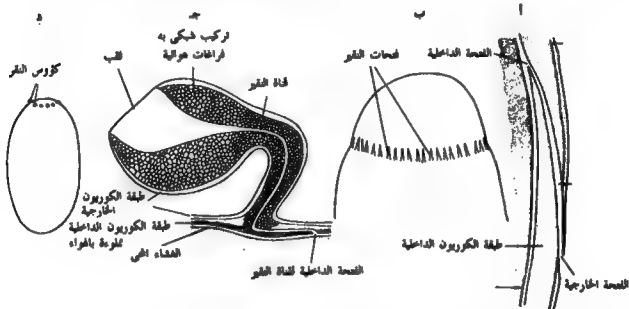


(شكل ١٤ - ٩) تركيب الكوريون في بيض *Tetrix* و *Musca* .

- (أ) قطاع عرضي في بيضة *Tetrix* .
- (ب) منظر سطحي في بيضة *Tetrix* .
- (ج) قطاع عرضي في بيضة *Musca* .
- (د) منظر سطحي في بيضة *Musca* .
- (هـ) قطاع أفقي في المنطقة الوسطى .

(عن Harth, 1962 | Hinton, 1960a)

النقر Micropyle : بما أن الكوريون يتم ترسيبه أثناء وجود البيضة بالمبيض فلا بد من إيجاد وسيلة تسمح بدخول الحيوان النوى وهذه الوسيلة يحققها وجود النقر . الذى هو عبارة عن قنوات قمعية الشكل تمر بطبقات الكوريون . ومعظم بيض حشرات رتبة ثنائية الأجنحة لديها نقر واحد فى وضع قصى . أما فى بيضة Acrididae فيوجد من ٣٠ - ٤٠ نقر مرتبة فى صورة حلقة حول الطرف السفلى للبيضة (شكل ١٤ - ١٥ ج ، د) . أما فى معظم بيض Cimicomorpha ، فيوجد النقر فى مكان اتصال غطاء البيضة بجسم البيضة .



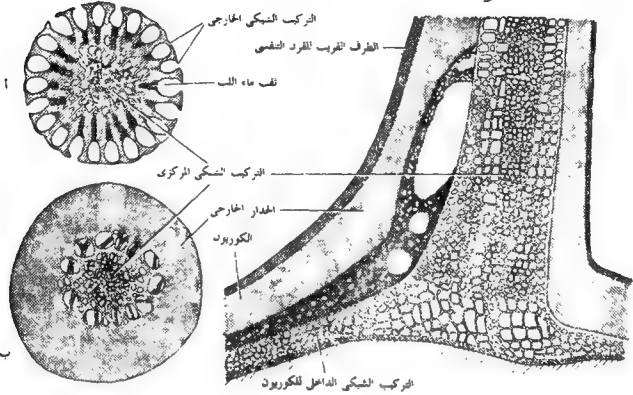
(شكل ١٤-١٥) (أ) (وب) بيض جنس *Oncopeltus* بيضة كاملة وقطاع طولى فى زائدة النقر . (من Southwood, 1956) .
(ج) (ود) بيض جنس *Locusta* الطرف الخلفى من البيضة وقطاع طولى مارى الكوريون بطول قناة النقر . (من Roonwal, 1954) .

١٤-٣-٧ التنفس فى البيضة

فى معظم الحشرات يتم بعض تبادل الغازات من خلال الكوريون ، ولكن معدل انتشار الأكسجين خلال هذه الطبقة غير كاف لتوفير متطلبات الجنين النامي ، وبالتالي تمتلئ الطبقة الداخلية للكوريون فى معظم بيض الحشرات بسلسلة من الفجوات المملوءة بالهواء الخارجى عبر عدد من المنافذ الهوائية *aeropyles* . هذه المنافذ الهوائية قد تنتشر بصورة عامة كما فى بيض *musca* أو تكون محصورة فى مساحة معينة ، كما فى *Calliphora* ، حيث تنتشر فقط بين خطوط الفقس .

فى *Rhodnius* تنحصر هذه الفجوات أسفل غطاء البيضة مباشرة . وفى حالات أخرى تمتد التجاويف بطبقة الكوريون الداخلية ، وتصل إلى السطح الخارجى لتسهيل تبادل الغازات . أى توجد ثقبو صغيرة على سطح بيضة *Cerausius* ، وبه تكون شبكة الكوريون الداخلى مكشوفة . القرون التنفسية *respiratory horns* لبعض حشرات

ثنائية الأحمحة و *Nepidae* تقوم بنفس الغرض من توصيل طبقة الهواء الداخلية بالهواء الجوى الخارجى وفى نفس الوقت تحدد المساحة التى عن ضربها قد يحدث فقد للماء (شكل ١٤ - ١) . أما فى بيض *Leptohylemyia* (رتبة ثنائية الأحمحة) ، فطبقة الكوريون الوسطى عبارة عن شبكة دقيقة تسمح بمرور الهواء لطبقة الكوريون الداخلية على جميع أسطح البيضة .



(شكل ١٤ ١١) تركيب القرن التنفسي فى *Nepa*

أ. قطع عرضى فى الطرف البعيد (ب) قطع عرضى فى الطرف البعيد (ج) قطع طولى لقاعدة القرن التنفسي موضحاً مكان اتصاله بالكوريون (Hinton, 1961b)

وتوجد وسائل خاصة لتنفس البيض بداخل كيس البيض الذى تضعه الصراصير ، ففي *Blattella* توجد فجوات أعلى كل بيضة بالخافة العلوية لكيس البيض وهذه الفجوات تتصل بالهواء الخارجى عن طريق قنوات دقيقة تصل بنقطة معينة بقمة كل بيضة ويتميز الكوريون بالتركيب الشبكي المفتوح ، وبالتالي تكون لكل بيضة وسيلة الاتصال بالهواء الخارجى (Wigglesworth and Beament, 1950) .

يتم وضع بيض بعض الحشرات الأرضية بالتربة ، ويكون معرضاً للغمر بالماء . ويستطيع بعض البيض مقاومة ذلك نتيجة أن الكوريون به يمتاز بأنه مقاوم للبلل ، حيث يحتفظ بغلاف من الهواء حول البيضة ، وعن طريقه يتم

انتشار الغاز من الماء المحيط به ، أى أن الكوربون يعمل كدرع واق أو بلاسترون Plastron . وتعتمد درجة الوقاية على المساحة المتوفرة لتبادل الغازات ، أى على مدى السطح البيئي للماء / هواء . وفي بيض حشرات حرشية الأجنحة ومعظم بيض رتبة نصفيّة الأجنحة غير المتجانسة، وكذلك Rhodnius يكون السطح البيئي للماء / هواء صغير غير ذى شأن . ويستطيع البيض أن يقاوم تأثير الغمر بالماء لكونه ذا مقدرة كبيرة على تحمل انخفاض معدل العمليات الحيوية به .

١٤-٣-٣ تنظيم الحصى المائي

فقد الماء : ليس للكوربون في معظم الحشرات القدرة على الصمود ضد الماء ، وبعد وضع البيض يمنع فقد الماء منه نتيجة وجود طبقة شمعية بداخل الكوربون وهي التي يتم إفرازها بواسطة البويضة أثناء التبويض . في Rhodnius تستمر هذه الطبقة فوق النقر وتسد بواسطة الغشاء المحي . وللشمع اختصاصه كطبقة منفردة ، وترتفع درجة الحرارة الحرجة به عن الدرجة التي تنفكك فيها هذه الطبقة المنفردة فتؤدي إلى حدة فقد الماء (Beamont, 1946b) . والدرجة الحرجة لبيض Rhodnius تصل إلى $٥٤٢,٥^{\circ}\text{C}$ و لبيض Lucilia (رتبة ثنائية الأجنحة) و Locustana (رتبة مستقيمة الأجنحة) تصل إلى ٣٨°C - ٥٥ - ٥٨°C على التوالي . وأقل من هذه الدرجة فإن فقد من بيض Rhodnius جدير بالإهمال حتى في الجوف الجاف . أما جميع بيض الحشرات عموماً ليست له خاصية الصمود ضد الماء ، فمثلاً بيض Musca ينمو فقط في الأماكن ذات الرطوبة المرتفعة جداً ، بدليل أن في ظروف ٨٠٪ رطوبة نسبية ، فإن ١٥٪ فقط من البيض يبقى حياً ويستمر في الفقس .

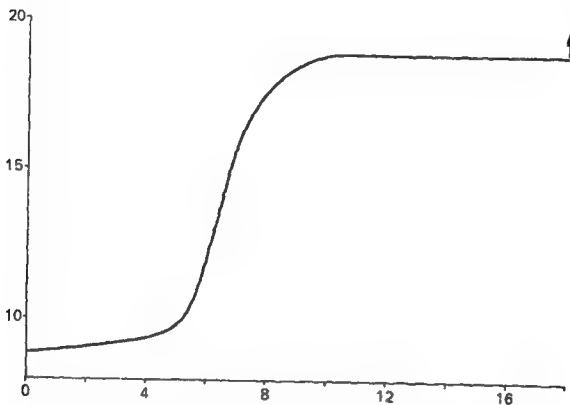
قد تفرز طبقة شمع ثانوية بالجلبد المصل في بيض بعض الحشرات ، كما في Rhodnius، والعديد من حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة .

ويعتقد أحياناً أن الكوربون نفسه يوفر بعض المقاومة للتجفيف . فمثلاً في Aedes تكون طبقة الكوربون الداخلية التي تقاوم التجفيف أسمك وأدكن عن مثيلتها غير المقاومة في بيض Culex . وفي بعض النطايط الاستوائية مثل Tropidopsops التي تقاوم وتبقى حية في موسم الجفاف وهي في طور البويضة وجد أن طبقة الكوربون بها سمكة ومتينة . كذلك يكون الكوربون سميكاً ويقل عدد القرون التنفسية في بيض أجناس Reteropteron التي يتم وضعها في الأماكن المعرضة للجفاف (Southwood 1956) .

تحت الظروف الطبيعية يكون فقد الماء عادة محصور في البيئة الدقيقة التي تختارها الأنثى كمكان لوضع بيضها ، وبالتالي .. فكثير من البيض يتم وضعه في الشقوق بالرطوبة أو لحاء الشجر حيث يقل النتح ، أو بداخل الأنسجة النباتية أو الحيوانية أو كنتيجة للبيئة الرطبة بها يتعدى فقد الماء ، أو يفقد بنسب قليلة ، كذلك قد توفر الحشرة أحياناً بيئة دقيقة عن طريق وضعه داخل كيس بيض ، كما في الصراصير ، وفرس النبي وفي هذه الحالة ، وبالرغم من غياب طبقة الشمع الصامدة للماء يتحدد النتح بتحديد حركة افواء حول البيض .

امتصاص الماء : في Rhodnius وفي كثير من حشرات رتبة نصفيّة الأجنحة وحرشفيّة الأجنحة ، والتي غالباً ماتضع بيضها في الأماكن المفتوحة المحاطة بنمو البيض بدون امتصاص ماء ، ولكن بيض العديد من أجناس الحشرات يمتص الماء من البيئة في مراحل نموه ، كما يحدث في بيض الحشرات الأرضية والمائية ، مثال : Phyllopertha

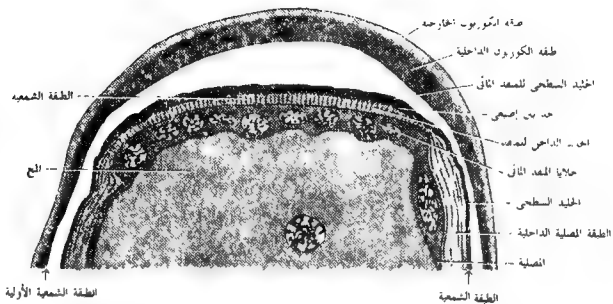
و *Ocypus Dytiscus* (رتبة غمدية الأجنحة) و *Notostira* و *Nepa* (رتبة نصفية الأجنحة) و *Culex* (رتبة ثنائية الأجنحة) والعديد من حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة ، ويتيح عن ذلك زيادة كبيرة في حجم ووزن البيضة (شكل ١٤ - ٢) .



(شكل ١٤-١٢) رسم يأتى موضحة التغير في وزن بعض الجراد من جنس *Schistocerca* وذلك عن امتصاصه الماء أثناء مراحل نموه .
(عن Hunter-Jones, 1964)

وفي بعض الأجناس كما في *Notostira* و *Gyrillus* (رتبة مستقيمة الأجنحة) يتم امتصاص الماء على سطح البيضة كله ، ولكنه على الأقل في *Acrididae* يوجد تركيب خاص يُسمى بالمنفذ المائي *hydropyle* يكون مسلولاً عن امتصاص الماء ، وهذا يتركب من منطقة سمكية من طبقة الجليد السطحي المصلى تعلو طبقة الجليد الداخلي التي تكون دقيقة بتلك المنطقة (شكل ١٤ - ١٣) ، كما تزداد درجة التلامس بين الطبقتين نتيجة زيادة الزوائد الإصبعية بينهما .

ويعتقد *Slifer and Sekhon* (1963) أن امتصاص الماء يرجع إلى الخاصية الإسموزية في *Phyllopertha* و *Notostira* . وشاهد نوع من المنافذ افوائية في بيض *Nepa* ، ولكن لا يوجد مثل هذا التركيب في بيض *Deraeocoris* (رتبة نصفية الأجنحة) ، وفي هذه الحالة يتم امتصاص الماء من الطرف الخلفي للبيضة ينغمس في النسيج النباتي أو من الضرف الأمامي الناقص (*Hortley, 1965*) .



(شكل ١٤. ١٣) قطاع في الطرف الخلفي لـ *I. nemata* موصفاً المظهر الثاني

(عن Roonwal, 1954)

عادة يتم امتصاص الماء في مرحلة نمو محددة ، فبعد وضع البيض مباشرة لا يحدث امتصاص للماء ، تليها فترة امتصاص سريعة ، ثم فترة أخرى لا يحدث فيها زيادة في المحتوى المائي (شكل ١٤ ١٢) . وعلى الأقل في صراصير الغيط ، فيستمر نفاذية الكوريون والطبقة المصليّة . ويحدث تبادل منتظم للماء بين البيئة الداخلية والخارجية (Browning and Forest, 1960) .

هناك حدود لكمية الماء التي تُأخذ ، والدرجة التي يُسمح بها امتداد الكوريون والمصليّة . ويعتقد أنه في فترات زيادة المحتوى المائي تُطرأ تغيرات بالكوريون تجعله أكثر قابلية للمد (Browning, 1967) .

الفصل الخامس عشر

علم الجنين

EMBRYOLOGY

يتم إعصاب البيضة أثناء مرورها في قناة المبيض في طريقها إلى خارج الجسم . وبدخول الحيوان المنوى يستبدل نضج البويضة وتبدأ مراحل النمو اللاحقة . وتنقسم نواة الزيجوت *zygote nucleus* إلى أنوية بنوية *daughter nuclei* تهاجر إلى المحيط الخارجي للبيضة لتكوين طبقة من الخلايا حول المح . ويزداد جزء من هذه الطبقة في السمك ليكون الشريط الذي منه ينشأ الجنين ثم الطور الكرى *gastrula* التي ينتج منها طبقة خلايا داخل الشريط . وتتفاوت تفاصيل خطوات تكوين الطور الكرى ، وهي عملية غير قابلة للمقارنة في حيوانات أخرى . يتم فصل الجنين من سطح البيضة بواسطة أغشية غير جنينية تحلل وتختفى عند تحرك الجنين داخل المح . وتؤدي هذه الحركات إلى وضع الجنين في الوضع النهائي في المح ويغلف بداخل غلاف الجسم .

ويكون الإكتودرم أو الطبقة الجنينية الخارجية *ectoderm* غلاف الجسم ، وينضج لتكوين الجهاز القسبي والمعي الأمامي والمعي الخلفي ، كذلك ينشأ الجهاز العصبي وأعضاء الحس من الطبقة الجنينية الخارجية . الميزودرم أو الطبقة الجنينية الوسطى *mesoderm* قد تكون في البداية أكياس سيلومية *Coelomic sacs* ، ولكن هذه تتفكك لتكون العضلات والجهاز الدوري والتناسل . الخلايا الجرثومية التي تنشأ منها فيما بعد الخلايا الجنسية يتم تمييزها في مرحلة مبكرة من النمو الجنيني ، وأحيانا يتم بعد عدد قليل من الانقسامات النووية . ويتم تكوين المعى الأوسط بنمو مركزين : أحدهما أمامي ، والآخر خلفي .

ويتحكم في مراحل النمو الأولى بالبيضة عدة مراكز غمارس تأثيرها على الجنين وفي مرحلة تالية تظهر مراكز التعقيل لبعض الأعضاء تأثير مخلق هو غيرها . وفي المراحل الأخيرة قد يوجد تحكم هرموني إجمالي .

١٠-١٩ الإخصاب Fertilization

تنشط الحيوانات المنوية بداخل القابلة المنوية ، وتحلل الأشرطة المنوية Spermatodeans التي كانت إلى ذلك الحين تجمعهم . وتستطيع الحيوانات المنوية أن تبقى حية بداخل القابلة المنوية لمدة أشهر أو عدة سنين ، كما في حالة ملكات النحل ، وبالتالي تحتاج خلال هذه الفترات إلى بعض العناصر المغذية ، وقد يحصل على هذه العناصر من السائل المنوي الذكري أو من تحلل الخلايا المكونة الخصوية (انظر الباب الثالث عشر) ، ولكن غالباً في معظم الحالات يحصل على عناصر غذائية إضافية من غدد القابلة المنوية . ولا يتم الإخصاب إلا عندما يكون البيض جاهزاً للوضع . وأثناء مرور كل بيضة بقناة المبيض تخرج بعض الحيوانات المنوية من القابلة المنوية . وكيفية حدوث هذا غير واضح تماماً ، ولو أنه في العديد من الحشرات التي يوجد بمقابلتها المنوية عضلات قابضة قد يتم طرد بعض الحيوانات المنوية عند انقباض هذه العضلات وفي أحيان أخرى تحدث نبضات مفاجئة نتيجة لانقباض عضلات الجسم تزيد من ضغط الهيموليمف ، مما يؤدي إلى خروج الحيوانات المنوية .

ويسهل اتجاه البيضة بقناة المبيض دخول الحيوان المنوي فمثلاً في ذباب دروسفيلا يتم توجيه النقر الوحيد بالبيضة مقابل فتحة المستقبلية البطنية لقناة المبيض المحفوة على الحيوانات المنوية . وتحدث عمليات مشابهة في الحشرات الأخرى .

وفي Periplaneta يصبح الحيوان المنوي عند وصوله إلى البيضة في طريق منحني في اتجاه سطح البيضة ، وهذا يؤدي به إلى داخل النقر القمعي الشكل . ويتعلق الدخول النهائي بداخل البيضة غالباً بالانجذاب كيميائي .

وفي معظم الأحيان يخترق البيضة الواحدة أكثر من حيوان منوي ، ولكن واحداً منها فقط هو الذي ينجح في إخصابها ، وتحلل الحيوانات المنوية الأخرى ، ولكن في ذباب دروسفيلا يخترق البيضة حيوان منوي واحد فقط (Hildreth and Luchesi, 1963) .

وفي القليل من الحشرات يتم الإخصاب والبيضة مازالت بالمبيض ، كما في الحشرات التابعة لـ Cimicoiden التي يحدث بها الإخصاب داخل التجويف الدموي .

١٠-٢٠ نضج البويضات Maturation of the oocytes

في معظم الحشرات يستل الانقسام الاختزالي للبويضة بدخول الحيوان المنوي في النقر ، ويهاجر الحيوان المنوي بعد دخوله البيضة إلى منتصفها وينحل إلى حويصلة نووية vesicular nuclear خلال تلك الفترة تنقسم البويضة أول انقسام اختزالي لها في حين أن الانقسام الثاني لا يكتمل إلا بعد مرور حوالى خمس دقائق من وضع البيضة . وبعد عدة دقائق تلتحم المغازل الانقسامية للنواة الأولية الذكرية والأنثوية . ويحدث الانقسام غير المباشر الأول وتلتحم الأنوية القطبية الناتجة من الانقسامات الاختزالية للبويضة مع بعضها وتحلل تدريجياً (Fahmy, 1952) .

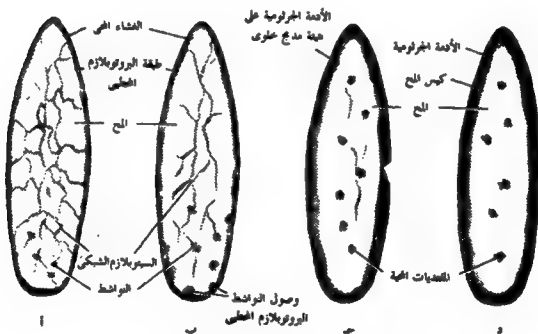
١٥-٣ التلغ (أو الانشطار) وتكون الأدمة الجرثومية (أو البلاستودرم)

Cleavage and formation of the blastoderm

١٥-٣-١ التلغ والأدمة الجرثومية

بعد وضع البيضة تبدأ نواة زيجوت يبيض الحشرات في الانقسام . وفي جنس *Dorus* (رتبة ثنائية الأجنحة) يحدث الانقسام الأول في حدود ٣٠ دقيقة من تكوين الزيجوت . ولايصاحب الانقسامات النووية انقسامات خلوية ولكن كل نواة بنوية daughter nuclei تحاط بهالة من السيتوبلازم مكونة وحدة تسمى نواشط *energids* . ويتم انقسامات الأنوية البتوية حتى الانقسام الثامن بترتيب تزامنى ، ومما قد يساعد على هذا الترتيب إنها متواصلة سيتوبلازميا وخلال مرحلة الانقسام يزداد سيتوبلازم النواشط على حساب السيتوبلازم الشبكي .

وتتباعد النواشط أثناء انقسامها (شكل ١٥ - أ) ثم ترتب في طبقة بداخل الملح بمعددة كتلة مستديرة أو مستطيلة من الملح . وتتناسب هذه الطبقة مع شكل البيضة . وفي بعض الحشرات ذات التحول النصفى *hemimetabolous* تأخذ الأنوية في تلك الفترة وضعاً سطحياً عن وضعها في الحشرات ذات التحول التام *holometabolous* وقد يكون ذلك مرتبطاً بكمية السيتوبلازم ، فبيض معظم الحشرات ذات التحول النصفى به كمية قليلة من السيتوبلازم وطبقة البروتوبلازم المحيطة *periplasm* به رقيقة ، في حين أن يبيض الحشرات ذات التحول التام يكون به كميات أكبر من السيتوبلازم والبروتوبلازم المحيطى سميك .



(شكل ١٥-١) مراحل تكوين الأمدة الجرثومية

وتستمر هجرة النواشط إلى أن تصل وتدخل طبقة البروتوبلازم المحيطية (شكل ١٥ - ١٠ ب). وتنتشر الأنوية حول المحيط الخارجي للبيضة (شكل ١٥ - ١٠ ج). وفي نفس الوقت على الأقل في حشرات رتبة ثنائية الأجنحة يزداد سمك طبقة البروتوبلازم المحيطية نتيجة لإضافة شريط من السيوبلازم يصبح ذات فجوات .

في *Drosophila* ينشأ من غشاء البلازما ثانياً تمتد بين الأنوية المتجاورة الموجودة بطبقة البروتوبلازم المحيطية وينسحب بعد كل انقسام نووي ، ولكن في النهاية تمتد الثنايا إلى مابعد الأنوية وتتصل معاً من الجبهة الداخلية ، بحيث إن كتلة المح غير المقسمة تصبح محاطة بطبقة من الخلايا التي تُسمى بالأدمة الجرثومية أو البلاستودرم blastoderm . (شكل ١٥ - ١٠ د) ، وفيها تتصل الخلايا المتجاورة بواسطة الأجسام الرابطة (Mahowald, 1963b) *desmosomes* وأثناء تكوين الجدر الخلوية تزداد حجم الأنوية وتظهر النويات بها لأول مرة . وفي بادئ الأمر توجد الأنوية بجوار الجدار الخارجي للخلايا ، ولكن تتحرك للداخل فيما بعد ، ويحتل مكانها السابق أغشية محبة وغير محبة ، وأجسام شريطية وأجسام سحبية (Mahowald, 1963a) .

١٥-٣-٢ مغذيات محبة

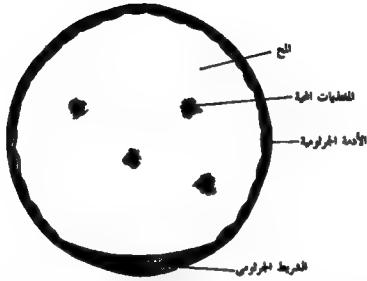
أحياناً في كثير من الحشرات تهاجر بعض النواشط فقط إلى المحيط الخارجي للبيضة لتكون الأدمة الجرثومية ، ويبقى البعض الآخر في المح ليكون خلايا محبة *yolk cells* أو مغذيات محبة *vitellophages* . فضلاً في جنس *Dorus* يستمر وجود حوالى ٣٨ فقط من مجموع ١٢٨ نواشط في المح لتكون مغذيات محبة أولية ، ويزداد عددهم إلى ٣٠٠ نتيجة انقسامات متتالية . عادة تبدأ المغذيات المحبة في الانفصال بعد الانقسام السادس أو السابع وتميز بكون حجم النواة التي تزداد نتيجة لانقسامات غير مباشرة داخلية للكروموسومات .

وتقوم المغذيات المحبة بعدة وظائف ، فتكون مرتبطة بعملية تفكيك وتحليل المح خلال مراحل التطور المختلفة ، وأثناء احتضان الملى الأوسط للمح تشترك في تركيب جزء من النسيج الطلائى للمعى الأوسط ، كذلك تشترك في تكوين سيتوبلازم جديد ومسئولة عن انقباضات المح بإنتاج شق التسيل الموضعي اللازم لذلك .

١٥-٣-٣ العوامل التي تتحكم في التفلج وتكوين الأدمة الجرثومية

تتحكم في بداية التفلج وهجرة الأنوية النبوية مركز التفلج cleavage centre وموضعه في منطقة مستقبل الرأس وعموماً لا يمكن تمييز مركز التفلج مرفولوجياً ولكن يميز بالمنطقة التي منها تتحرك نواة الريبوبوت قبل إنقسامها وبالتالي المكان الذى تتقدم منه النواشط . يتنبه مركز التشقق غالباً بدخول الحيوان المنوى داخل البيضة .

وفي معظم الحشرات تتحدد المحاور الأساسية للجنين قبل وضع البيضة . إذا فالطرف الخلفى للبيضة الذى يكون متجهاً إلى الأمام أو إلى أعلى عند وجود البيضة بالمبيض يصبح مكان رأس الجنين وكذلك يتوافق السطح الظهري . وهذا التوافق ينتج من وجود عامل توجيه ذى ترابط بالبويضة . ففى دورسيفلا تكون الرأس الجنينية دائماً بطرف البيضة المواجهة للخلايا المغذية ، كذلك الخلايا المحيضية تتميز بدرجات متفاوتة ويكون لها دور في تحديد قطبي



(شكل ١٥-٣) رسم توضيحي لقطاع عرضي في بيضة نامية موضحاً التخطيط المبني للكون للشريط الجرثومي .

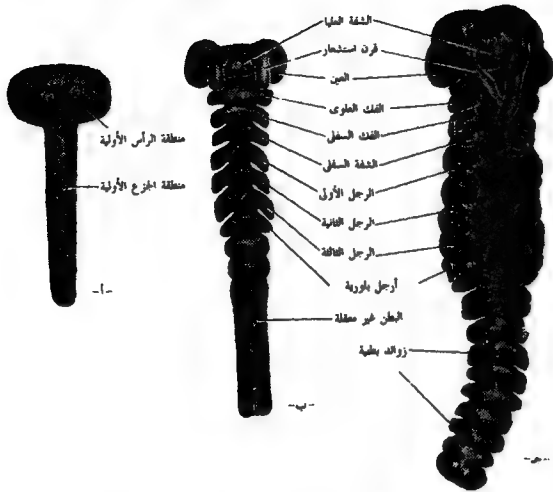
وينظم إغناء الشريط الجرثومي مركزيين : فيوجد بالجهة الخلفية للبيضة مركز تنشيط *activating centre* ، ويتنبه للنشاط بوصول أنوية التفليج . وهذا ينه إنتاج مادة تنتشر إلى الأمام في البيضة مؤدياً إلى تنشيط مركز التميز *differentiation centre* بمنطقة الصدر المتوقعة المستقبلية .

وتتحكم مركز التميز في نمو الشريط الجرثومي عن طريق حدوث انقباضات محلية في الملح مؤدياً إلى ظهور فراغات أعلى الأدمة الجرثومية وتلك الفراغات ينشأ الشريط الجرثومي السميكة . تل ذلك عمليات متعاقبة مثل تكوين الطبقة الجنينية الوسطى أو الميزودرم *mesoderm* والتعقيل وتكوين أعضاء تبدأ جها من مركز التميز، وتنتشر منها للأمام والخلف ويستمر هذا المركز في مهمته إلى أن يتم تعقيل الجنين، في ذلك الحين يحمل مراكز التعقيل *Segmental centres* محل وظيفة مركز التميز، وتكون هذه آخر المراكز الوظيفية أثناء وجود الجنين حل هيئة وحدة فردية فعالة .

١٥-٤-٧ تكوين الجسم الكرى

يعتبر تكوين الجسم الكرى الوسيلة التي تتبع فيها الطبقة الجنينية الوسطى والطبقة الجنينية الداخلية أو الأندودرم *endoderm* من الطبقة الجنينية الخارجية أو الأكتودرم . ولاتعد طريقة تكوين الجسم الكرى في الحشرات ماثلة في تكوينها في مجاميع الحيوانات الأخرى (*Johannsen and Butt, 1941*) ، فلا يحدث انبعاج عميق ، ولكن تتكون فقط طبقة خلايا داخلية أسفل الشريط الجرثومي .

وتختلف الوسيلة التي تتكون بها الطبقة الداخلية في مجاميع الحشرات المختلفة .



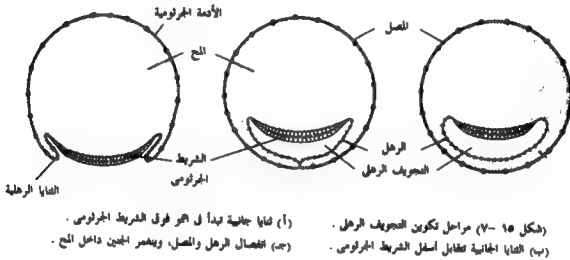
(شكل ١٥-١) مراحل نمو جنسية مبكرة في جنس *Ornithobacteria* مينا الجبين بعد إزالة الأهدبة الجينية .

في بيض حشرات مستقيمة الأجنحة تبرز الخلايا من السطح العلوي للشريط الجرثومي ، إما على السطح الكلى كما في التطاحات ، أو على امتداد الخط الوسطي ، ومنها تنتشر لتكون الطبقة الداخلية كما في الجرارد من فصيلة *Acrididae* (شكل ١٥ - ٥ ج) وفي هذه الحالة يظهر أهدود مؤقتة على السطح البطنى الذى قد يمكن تمثيله بالثقوب الجرثومي blastopore في حيوانات أخرى .

وفي بيض الحشرات من رتبة ثنائية الأجنحة تشبه المرحلة الأخيرة من تكوين الجسم الكرى ظاهرياً مثيله في الحيوانات الأخرى ، حيث تظهر براعم مؤخر المي الأوسط Posterior midgut rudiment غائرة في المي . تبدأ إنغمادات الطبقة الجنينية الوسطى على طول السطح البطنى ، ولكن امتداد الطبقة الجنينية الوسطى والطبقة الجنينية الخارجية التى تصل لتغليظها تدفع إنغمادات براعم مؤخر المي الأوسط ، ومستقبل المي الخلفى Proctodeum إلى الأمام على السطح الظهرى للجنين (شكل ١٥ - ٦ ب) ، ثم إن انغماد مستقبل المي الخلفى يحمل براعم مؤخر المي الأوسط عميقاً بالمح . (شكل ١٥ - ٦ ج) ، وتغمد عناصر الطبقة الجنينية الوسطى والطبقة الجنينية الداخلية عادة في نفس الوقت ، حيث إن طرف الطبقة الوسطى تمثل الطبقة الجنينية الداخلية وينشأ منها المي الأوسط .

١٥-٤-٣ تكوين الأغشية الجنينية

لا يبقى الشريط الجرثومي مكشوفاً على سطح المح، لكن يغطى بطبقة أو أكثر من الأغشية الجنينية ، فبعد تكوين الشريط الجرثومي بقليل تنشأ من حوافه نيتان رمليتان (شكل ١٥-٦) تمتدان تجاه بعضهما بالسطح البطني أسفل الجنين إلى أن تتقابلا وتلتحما معا في الخط الوسطى البطني (شكل ١٥-٧ ب) . وبهذا يقع الجنين على سطح ظهري لتجويف صغير يُسمى بالتجويف الرهلي amniotic Cavity الذى يتحدد بنشاء دقيق يعرف بالرهل amnion . أما الغشاء الدائري خارج المح يُعرف بالمصل Serosa، وقد يبقى الرهل والمصل على اتصال بمكان التحام الشنايا الجنينية ، (شكل ١٥-٧ ب) أو قد يفصلان تماما ويغور الجنين بداخل المح وفى هذه الحالة يخترق المح المساحة بين غشائى الرهل والمصل (شكل ١٥-٧ ج) .



١٥-٥ حركة الجنين Blastokinesis

١٥-٥-١ الحركة الجنينية

في الرتب الأولية للحشرات يكون الجنين صغير الحجم نسبياً ، بالمقارنة بحجم البيضة ، وفي كثير من هذه المجموع يقوم الجنين بحركات مكثفة ومنظمة بداخل المح . وتعرف كل عمليات الإزاحة والدوران والانتفاف للجنين داخل البيضة في مجموعها بالحركة الجنينية Blastokinesis . وقد تتميز هذه الحركات إلى حركات اعتدال Katatrepsis وحركات انقلاب anatrepsis وهذه الاصطلاحات تشير إلى أنواع مختلفة من الأنشطة في مجاميع الحشرات ، فمثلاً في Acrididae يشير الانقلاب anatrepsis إلى حركة الجنين بعيد عن القطب السفلى للبيضة ، في حين يرمز الاعتدال Katatrepsis إلى الحركة التي تنقل الجنين من السطح البطني إلى السطح الظهري للبيضة (Roonwal , 1937) . وتختلف مدى الحركة الجنينية في أجناس الحشرات المختلفة .

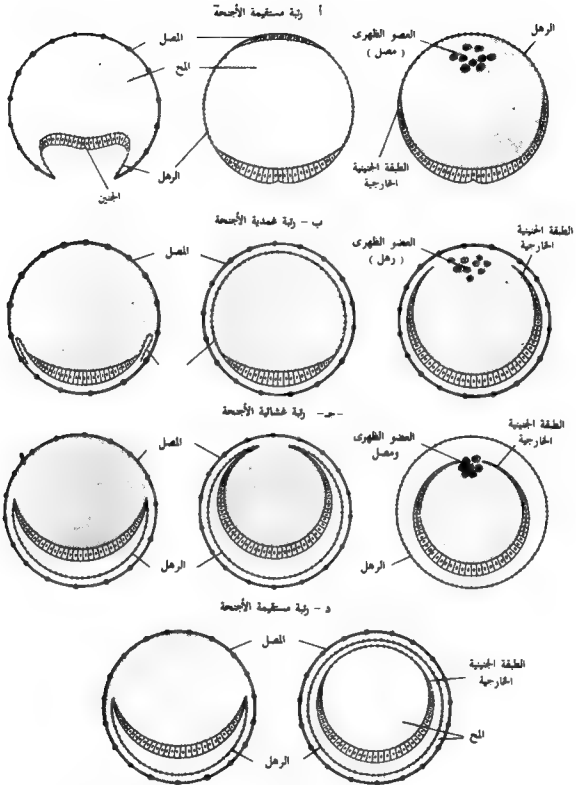
والميكانيكية التي تحدث بها هذه الحركات غير معروفة بالضبط ، ولكن يبدو أن هناك قوة دفع تنشأ من الشريط الجرثومي حيث أن الحركات الكثيفة تستمر في الحدوث ، بالرغم من الإثلاف التجريبي للأغشية الجنينية الإضافية .

١٥-٢-٥ الانفلاق الظهري

في كثير من الحشرات يكون أحد نواتج حركة الجنين هو انعكاس للوضع النسبي بين الجنين والمخ . في بادئ الأمر يقع الجنين على أو بداخل المخ ، ولكن عند الانتهاء من الحركات الجنينية ينحصر المخ بداخل الجنين ، وهذا يتم نتيجة تكوين الغلاف الظهري للجنين . هذه العملية تميز إلى مرحلتين : المرحلة الأولى أو التمهيدية يحدث فيها انفلاق ظهري من الأغشية الجنينية الإضافية نتيجة الحركات الجنينية . وفي المرحلة الثانية تستبدل الأنسجة التمهيدية بأنسجة الطبقة الجنينية الخارجية التي تنمو من كلا الجانبين إلى أعلى لإتمام الانفلاق الظهري النهائي .

يلاحظ اختلاف طرق إتمام الانفلاق الظهري ، فمثلاً في حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة ، حيث تؤدي الحركة الجنينية إلى تغليف المخ بواسطة أغشية الرهل والمصل (شكل ١٥ - ٨ أ) ، فأثناء امتداد الطبقة الجنينية الخارجية لتحل هذا الانفلاق التمهيدى ، ينكمش الرهل والمصل . ويقتصر وجودهما على منطقة ظهرية أمامية ، ثم أخيراً ينغمد المصل في المخ على هيئة انغماد أنبوى (شكل ١٥ - ٩) الذى يمثل العضو الظهري الثانوى Secondary dorsal organ الذى فى النهاية يهضم فى المعى الأوسط .

وفى حالة غياب الحركة الجنينية يتم الانفلاق الظهري بإعادة ترتيب الأغشية الجنينية مع إبقاء الجنين مستقراً نسبياً . فى جنس *Leptinotarsa* (رتبة غمدية الأجنحة) ، وبعض الحشرات أخرى من فصيلة *Chrysomelidae* ينحل الرهل بداخل المصل (١٥ - ٨ ب) ، ويستبدل فيما بعد بواسطة الطبقة الجنينية الخارجية ، فى حين أن المصل تظل سليمة كفضاء كامل من الخارج .



(شكل ١٥-٨) رسم توضيحي مبداً الأتفلاقي الظهري ومصو الأجنحة الجينية لي :-

- (أ) *Oecanthus* (رتبة مستقيمة الأجنحة) . (ب) *Leptinotarsa* (رتبة غمدية الأجنحة) .
(ج) *Chironomus* (رتبة غشائية الأجنحة) . (د) إحدى الحشرات التابعة لرتبة حرشفة الأجنحة .

الفصل السادس عشر

نماذج غير عادية من التطور

UNUSUAL TYPES OF DEVELOPMENT.

أحياناً تحتفظ الأنثى بالبيض بداخل جسمها بعد إخصابه ، بحيث يبدأ النمو الجنيني به قبل وضعه . ولو امتدت مدة النمو الجنيني الداخل ، فقد يفقس البيض وتخرج اليرقات داخل جسم الحشرة الأم ، وفي بعض الأجناس يتم تغذية اليرقات وهي بداخل جسم أمها ، وبالتالي تضعه على هيئة يرقة سرعان ماتتصر . وتسمى هذه الظاهرة بولادة الأحياء . *viviparity* ، وفي حالات أخرى يكون البيض فقير في الملح . ويتغذى الجنين عن طريق تركيب شبيه بالمشيمة يوجد في القنوات التناسلية للأنثى أو بداخل التجويف الدموي بها . وقد يخرج من بيض الكثير من الحشرات المتطفلة أكثر من يرقة ، بدلاً من فرد واحد ، وتسمى هذه الظاهرة بتعدد الأجنة *Polyembryony* .

وقد ينمو البيض بدون إخصاب أى يتكاثر بكريا *Parthenogenesis* وهي ظاهرة تحدث أحياناً في بعض أنواع الحشرات ، فأما جنس الحشرة الناتج من هذا النوع من التكاثر ، فيعتمد على سلوك الكروموسومات وقت الانقسام الاختزالي ، عموماً فالبيض الفردى الكروموسومات *haploid eggs* تخرج منه ذكور والبيض الثنائي الكروموسومات *diploid* تخرج منه الإناث ومن آثار التكاثر البكري أنه يقلل من تكيف الحشرة ولكن في بعض الحالات يتغلب على هذا بتبادل التكاثر البكري مع التكاثر الجنسي بين الأجيال . وقد يحدث نضج جنسي في القليل من الحشرات ، وتبدأ في إنتاج ذرية وهي مازالت في طور اليرقة أو العذراء ، وتسمى بظاهرة تكاثر الأطوار غير الكاملة *paedogenesis* .

١٦-١ ظاهرة ولادة أحياء *Viviparity*

قد يخصب بيض الحشرات أثناء وجوده في المبيض أو في الجزء العلوي من قناة المبيض وفي بعض الأجناس يحتفظ بالبيض داخل جسم الأنثى لفترة قبل وضعه . ونتيجة لذلك يبدأ مراحل النمو الجنيني بالبيض أثناء وجوده بمجسم الأنثى . في بيض جنس *Cimex* ، حيث يحدث فيه الإخصاب بداخل التجويف الدموي *haemocoelic insemination* فعندما يتم وضع البيض يكون الجنين تقريباً في مرحلة الحركة الجنينية *blastokinesis* . وفي أجناس أخرى قد يحتفظ بالبيض داخل جسم الحشرة إلى حين الانتهاء من النمو الجنيني قبيل الفقس أو إلى ما بعد ذلك . ويطلق على تلك الأجناس بالأجناس الولودة *Viviparous* .

١٦-١-١٦ الولادة البيضية

في كثير من الأجناس يحتجز البيض في القناة التناسلية إلى وقت قريب من الفقس ، حيث يفقس البيض قبل وضعه مباشرة أو أثناء وضعه . وفي هذه الحالة توجد جميع العناصر الغذائية ضمن محتويات البيضة ، ولانتشاً أعضاء خاصة لتغذية الجنين . ويسمى هذا النوع بالولادة البيضية *Oviviviparity* ، وتختلف عن وضع البيض الطبيعي *Oviparity* فقط في حجب البيض داخل الجسم .

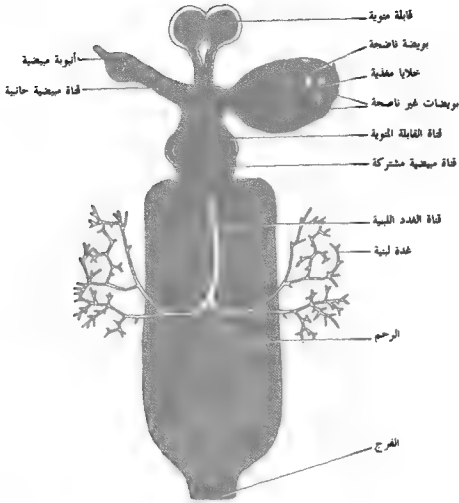
تحدث الولادة البيضية على فترات متقطعة في العديد من الحشرات التابعة لرتب ذباب مايو ، الصراصير وقرس النوى ، ونصفية الأجنحة المتجانسة ، هدية وحرشفية وغمدية الأجنحة . وهي كثيرة الحدوث في حشرات ثنائية الأجنحة ومنها الأمثلة التالية :-

تضع حشرات جنس *Musca* عادة بيضاً ، ولكن قد يحتجز البيض بعد إخصابه وتلد يرقات . في هذه الحالة يحتفظ بالبيض في قناة البيض الوسطى التي تضخم جدا متخذة شكل الرحم . ويضع ذباب *Tachinids* أعداد كبيرة من البيض ، مثله كمثلي كثير من الحشرات ثنائية الأجنحة التي تضع بيضا ، ولكن في الأجناس التي تمتاز بالولادة البيضية مثال *Sarcophaga* يتم تبويض عدد قليل من البيض في الدورة الواحدة ، أما ذباب *Musca larvipera* فتضع بيضة واحدة فقط كبيرة الحجم في الدورة الواحدة . وهذه النسبة المنخفضة في إنتاج البيض تعبر عن درجة الحماية القصوى التي تستطيع أن توفرها الأنثى للبيضة التي تحملها بالمقارنة بالإناث التي تضع بيضها في البيئة الخارجية . أما زيادة حجم البيضة ف يرجع إلى تراكم المزيد من العناصر الغذائية بحث يستطيع أن ينمو الجنين إلى مابعد مرحلة الفقس ، ويتم ولادة اليرقات في مرحلة متقدمة من النمو . فمثلا يرقات *Hyalemya strigosa* تمر بالعمر اليرقي الأول وتنسلخ إلى العمر الثاني وهي بالبيضة ، وتتخلص من جليد الانسلاخ الأول مباشرة بعد الفقس .

١٦-١-٢ ولادة أحياء

في بعض الحشرات التي يحتفظ بالبيض في جسمها بعد الإخصاب يتغذى الجنين مباشرة من الحشرة الأم ، وذلك بالإضافة إلى أو بدل من مخ البيضة . هذه الحشرات تعتبر الحشرات الولودة الحقيقية ، وتحدث بعض التحورات التشريحية في الأم أو في البيضة لتسهيل انتقال العناصر الغذائية . وعادة تنتج الحشرات الولودة عددا قليلا من الذرية بمقارنتها بالحشرات التي تضع بيضا ، وهذا يرتبط بقلة أعداد الأنابيب المبيضية بها . فمثلا في إناث جنس *Melophagus* (رتبة ثنائية الأجنحة) يوجد بها زوج واحد من الأنابيب المبيضية بكل مبيض ، وفي *Elassina* (رتبة ثنائية الأجنحة) قد يتكون المبيض من أنبوبة مبيضية واحدة فقط والمقارنة فإن الحشرات التي تضع بيضا من جنس *Musca* يوجد بها ٧٠ أنبوبة مبيضية بكل مبيض .

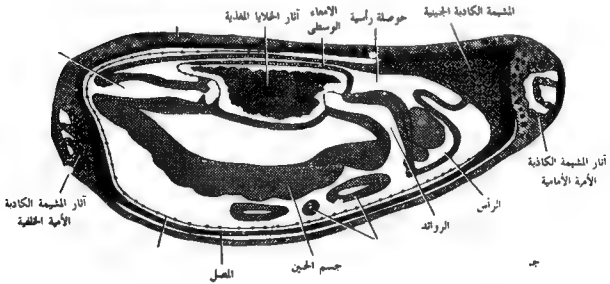
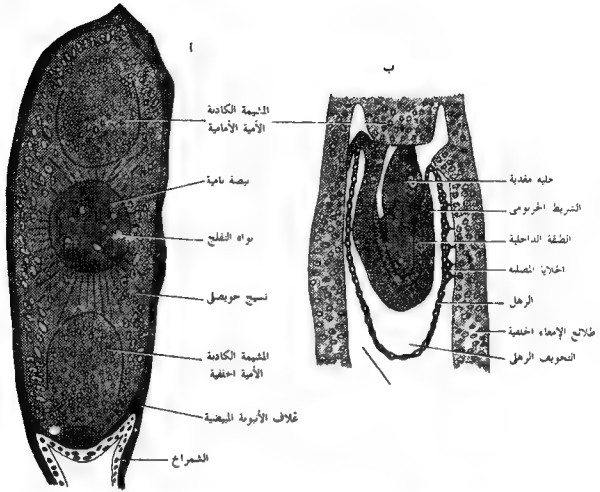
أحيانا قد يحتفظ بالبيض ويتم النمو بداخل الأنبوبة المبيضية كما في جنس *Hemimerus* والمن والحشرات التابعة لفصيلة *Chrysomelidae* ، في حين أنه في حالات أخرى ، كما في حشرات ثنائية الأجنحة تضخم المهبل ليكون رحما (شكل ١٦ - ٢) . وفي رتبة *Strepsiptera* والقليل من الحشرات التابعة لفصيلة *Cecidomyiidae* التي تتوالد بكريا ، ينمو البيض داخل التجويف الدموي للحشرة الأم (شكل ١٦ - ٢) .



(شكل ١٦-١) الجهاز التناسل الأنثى في *Blattella*

وتبعاً لاقتراح Hagam (1951) يمكن تقسيم الحشرات التي تتكاثر عن طريق ولادة أحياء إلى ثلاث مجاميع :

أولاً : الحشرات الولودة ذات المشيمة الكاذبة *Pseudoplacental viviparity* : تضع الحشرات الولودة ذات المشيمة الكاذبة بيضاً عديم أو قليل المع . يتميز في جسم الأنثى ، ويتحصل على المواد الغذائية اللازمة له عن طريق أعضاء تُسمى بالمشيمة الكاذبة *Pseudoplacenta* ناشئة من أنسجة الجنين ، أو أنسجة الأم . ويكتمل النمو الجنيني إلى مرحلة ما قبل الفقس ، حيث إن اليرقات تعيش حرة خارج الجسم . (شكل ١٦ - ٢) .



(شكل ١٦-٧) مراحل ل نمو Hemimerus (أ) مرحلة التفلق الأولى . (ب) الشريط الجرفومي كامل التكوين . (ج) نهاية حركة الجنين

أولاً : ولادة الأحياء في رتبة الصراصير وفيرس النبي Viviparity in Dictyoptera: ولادة الأحياء في الصراصير وضع فردى وشاذ . وتضع الصراصير البيض أساساً داخل كيس بيض ootheca ويطرد خارج القنوات التناسلية ، وفي بعض الأجناس قد يحمل كيس البيض بالقرب من الفتحة التناسلية ويبرز منها ، ففي الصرصور الأمريكي يتم وضع هذا الكيس قبل قفس البيض بفترة قصيرة . وتوجد أجناس أخرى كما في الصرصور الألماني تستمر أنثاها في حمل كيس البيض إلى حين القفس . وفي أجناس أخرى ينشق كيس البيض ثم يسحب داخل الجسم ثانياً ، حيث يحجز في جراب الحضنة الأوسط median brood Sac الذي يمتد أسفل باقي الجهاز التناسلي ، ووجد في هذه الحالة أن كيس البيض ضعيف التكوين ، ويزيادة حجم البيض يبرز من الكيس وفي معظم الأجناس ترجع زيادة الحجم إلى امتصاص الماء ، ولكن في *Diptera* ، حيث يزداد طول البيض بنحو ٥ - ٦ مرات أثناء النمو الجنيني وجد أن هناك زيادة في الوزن الجاف ويبدل ذلك على أن الأجنة تحصل على بعض الغذاء من الحشرة الأم .

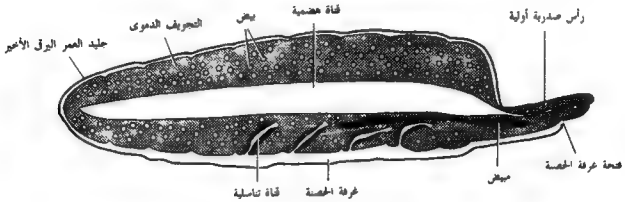
ثانياً : ولادة أحياء مع التغذية الغدية Adenotrophic Viviparity : في حالة الولادة مع التغذية الغدية يمر البيض بعد نضجه وإفراز قشرته إلى منطقة المهبل المتحورة إلى رحم ويتجذر بها . ويكتمل مراحل نمو جنيني مماثل لحالة الولادة البضيّة إلا أنه عندما تنفكس اليرقات تظل في الرحم وتتغذى بواسطة غدد خاصة أمية وتم ولادة اليرقات عند اكتمال الطور اليرقي ، حيث تتعذر الحشرات بعد الوضع بفترة قصيرة وبالتالي في هذا النوع لا توجد مرحلة تغذية خارجية لليرقة الحرة . ويوجد هذا النوع من التكاثر بولادة أحياء فقط في جنس *Glossina* والحشرات التابعة لجنس *Pupipara* . في *Glossina* تؤدي الأنبوتان المبهضتان وظيفتهما بالتبادل ، بحيث تضع بيضة واحدة فقط في كل دودة وتمزج إلى المهبل . ومرحلة النمو الجنيني مرحلة سريعة فمثلاً تستغرق حوالي ٣ أيام في درجة حرارة ٢٤ ° م في *Glossina Palpalis* .

أما يرقات العمر الأول والثاني فتتغذى على إفرازات من غدد لبنية milk glands تفتح بواسطة قناة مشتركة في الرحم (شكل ١٦ - ١) وتمزج هذه الغدد في دورات نمو متتالية تصل أقصاها أثناء الحمل . وتتراكم إفرازات الغدد اللبنية في الرحم وتمتصها بالتالي اليرقات مما يؤدي إلى انتفاخ قناتها الهضمية الوسطى . وهذه المحتويات تستفيد منها اليرقات النامية في العمر اليرقي الثاني . أما يرقات العمر الثالث ، فلا تتغذى ، ومع ذلك تزداد تدريجياً في الحجم . عندما تنسلخ اليرقات في العمر الثاني ، فإن جليد الانسلاخ لا يطرح ، ولكن ينشق فيما بعد بنمو يرقات العمر الثالث ، وأخيراً ينزع جليد الانسلاخ ويطرد قبل الولادة مباشرة .

في اليرقات لا يوجد اتصال بين القناة الهضمية الوسطى والخلفية وأيضاً تكون فتحة الشرج مغلقة وبالتالي لا تنفرغ الفضلات من القناة الهضمية الوسطى . أما الأمعاء الخلفية ، فتؤدي وظيفة مخزن للفضلات النيتروجينية وبهذا النظام يمنع اليرقات من تلوث القناة التناسلية للأم .

ثالثاً : ولادة أحياء عن طريق تجويف الدم Haemocoelous Viviparity : تختلف الولادة عن طريق تجويف الدم عن أنواع ولادة الأحياء الأخرى في أن النمو الجنيني يتم في التجويف الدموي للحشرة الأم . ويحدث هذا النوع من الولادة في جميع الحشرات التابعة لرتبة *Strepsiptera* ، وفي بعض الحشرات التي تتكاثر في الأطوار غير الكاملة التابعة لفصيلة *Cecidomyiidae* .

ويوجد في إناث حشرات رتبة Strepsiptera من ٢ إلى ٣ أنابيب مبيضية على جانبي القناة الهضمية الوسطى لا يوجد بها قنوات مبيضية . وتفرز البويضات الناضجة في التجويف الدموي نتيجة تفتك جدار الأنابيب المبيضية . ويبيض جنس *Stylops* قفراً جداً في المح، ولكن قد يوجد القليل من المح في أنواع أخرى مثل جنس *Acrosclismus* وتدخل الحيوانات المنوية عن طريق قنوات تناسلية تفتح في الخط الوسطى البطني للأنتى (شكل ١٦-٣) ويكتمل الإخصاب والنمو الجنيني في التجويف الدموي مع انتقال مواد غذائية من هيمولين الحشرة الأم إلى الحنين مباشرة . تفقس اليرقات بداخل تجويف جسم الأم وأحد طريقيها للخارج خلال القنوات التناسلية (Hagan, 1951) .

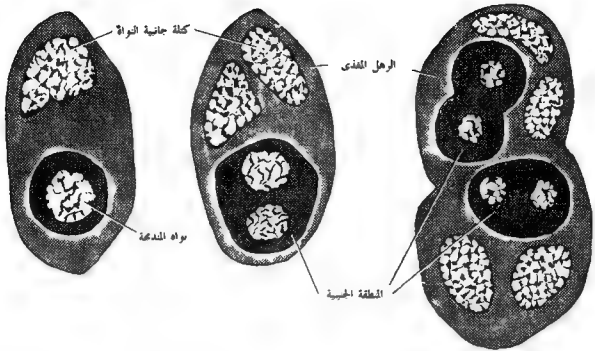


(شكل ١٦-٣) شكل تخطيطي في أنثى حشرة من رتبة Strepsiptera .

في ذباب جنس *Miasor* (رتبة ثنائية الأجنحة) يتحرر البيض من أكياس مبيضية بسيطة التركيب إلى التجويف الدموي . ويتغذى البيض بواسطة خلايا مغذية خاصة تنشأ مستقلة عن البويضات، ثم تغذى من الطبقة المصلية التي تراد في السمك وتظهر بها فجوات، وعندما تفقس اليرقات تبدأ في التغذية على أنسجة الأم وكذلك على البيض الآخر الذي لم يفقس بعد، وأخيراً تخرج اليرقات من خلال شق تصنعه في جدار جسم الأم .

١٦-٢ ظاهرة تعدد الأجنة Polyembryony

في بعض الحالات بدلا من أن يكون بالبيضة يرقة واحدة تتكون بها يرقتان أو أكثر وتسمى هذه بظاهرة تعدد الأجنة . وتحدث هذه الظاهرة أحيانا في الحشرات التابعة Acridoidea وكذلك في غيرها من المجموع ولكنها منتظمة الحدوث عامة في الحشرات المتطفلة داخليا . ومن أمثلة ذلك في حشرات *Aphelopus theliae* (من رتبة غشائية الأجنحة) المتطفلة على جنس *Thelia* (من رتبة تصفية الأجنحة المتجانسة) وفي العديد من الحشرات التابعة لفصيلة Encyridae و Ichneumonidae التي تتطفل على بيض ويرقات حشرات رتبة حرشقية الأجنحة . في جميع الحالات يكون بيض الطفيل صغير الحجم، ونسبة المح به قليلة جداً، حيث يتحصل الحنين على العناصر الغذائية اللازمة من أنسجة العائل الذي يوجد بداخله (شكل ١٦-١ ، ١٦-٤) .



(شكل ١٦-٤) مراحل نمو مبكرة في *Platygaster hiemalis* موضحاً تكوين منطقتين جنينيتين في بيضة واحدة

عند نضج البويضات في *Platygaster hiemalis* ينتج بها جسمان قطبيان يلتحمان معاً ، وتكبر النواة القطبية polar nucleus في الحجم مكونة كتلة جانبية النواة ، paranuclear mass . ويرتبط بعض السيتوبلازم بالبيضة مع هذه الكتلة ويكون الرهل المغذي trophamnion . أما بقية السيتوبلازم ، فيرتبط مع النواة المندمجة fusion nucleus ، ويكون منطقة جنينية embryonic region . ويحيط الرهل المغذي بالمنطقة الجنينية ، وتنقسم الكتلة الجانبية النواة ، وفي نفس الوقت تبدأ الانقسامات التغلجية في المنطقة الجنينية ، ولكن بعد الانقسام الثاني تنقسم المنطقة كلها إلى نصفين ، وبذلك يتكون حنثيان (شكل ١٦ - ٤) وتغر العناصر الغذائية من العائل إلى الجنين من خلال الرهل المغذي ، ولكن فيما بعد تنص الكتلة الجانبية النواة ، ويظهر الرهل المغذي كغشاء رقيق جداً . ويحدث في بيض *P. vernalis* عدة انقسامات في المنطقة الجنينية ويتكون ثمانية أجنة في كل بيضة .

وتزيد ظاهرة تعدد الأجنة الكفاءة التناسلية للحشرة ، ولكن التأثير الكلي لايزيد عن الكفاءة التناسلية للأجناس وحيدة الأجنة ، لأن الحشرة التي تمتاز بصفة تعدد الأجنة تضع عدداً أقل من البيض . وقد يسهل تعدد الأجنة بقاء النوع ، حيث يقضى فترة طويلة من عمره كطفيل ، ويكون معرضاً خلالها لردود أفعال مختلفة من العائل

(Clausen, 1940)

١٦-٣ التكاثر البكرى Parthenogenesis

تعرف ظاهرة نمو البيض دون إخصابه بالتكاثر البكرى . ففي العديد من أنواع الحشرات تلجأ الأنثى إلى التكاثر البكرى فى حالة فشلها فى العثور على الذكر ولكن فى حشرات أخرى تعتبر ظاهرة التكاثر البكرى وسيلة أساسية للتناسل . وقد سجلت فى جميع رتب الحشرات فيما عدا رتب الرعاشات ، جلدية الأجنحة ، شبكية الأجنحة والبراغيث ويتوقف جنس الحشرة الناجمة من البويضة غير المخصبة على ميكانيكية تميز الجنس وسلوك الكروموسومات عند الانقسام الإختزالى لنواة البويضة . وفى معظم الحشرات تعتبر الإناث متجانسة الجاميطات homogametic أى (XX) والذكور غير متجانسة الجاميطات heterogametic أى (XO) أو (XY) ويشذ عن ذلك حشرات رتبة حرشفية الأجنحة حيث تكون الإناث هى المحتوية على الجاميطات الغير متجانسة (Kerr, 1962) ، إذا فالبيض غير المخصب لمعظم الحشرات يحتوى فقط على كروموسومات X لأن كروموسوم Y يأتى فقط عن الذكر ، واحتواء البويضة على واحد أو اثنين من X كروموسوم ، أى إذا كان فردية haploid أو زوجية الصبغيات diploid متوقفة على سلوك الكروموسومات فى الانقسام الاختزالى . أحياناً لا يحدث الانقسام النصفى reduction division أو يلى الإختزال مضاعفة عدد الكروموسومات ، بحيث يحتفظ بالعدد الزوجى للصبغيات والتركيب XX للبويضة . هذا البيض ينتج إناث . أما البيض الذى يحدث فيه الانقسام الاختزالى العادى ، ولانتم فيه مضاعفة للكروموسومات ، فيستمر فردى الصبغيات . وباستمرار تطور هذا البيض ينتج منه ذكور .. الذكور فردية الصبغيات مميزة لبعض المجموع الحشرية .

ويمكن أن يصنف التكاثر البكرى تبعاً لسلوك الكروموسومات فى انقسام النضج maturation division للبويضة إلى الأنواع الآتية :-

١ - تكاثر بكرى بالانقسام الاختزالى haplo-diploidy : وفيه يحدث الانقسام النصفى بالبويضة . والبيض المخصب ينشأ منه إناث أما البيض غير المخصب ، فينشأ منه ذكور وهذه ظاهرة منتشرة فى حشرات رتبة غشائية الأجنحة ، وبعض المجموع الأخرى .

٢ - تكاثر بكرى بالانقسام المباشر apomictic (ameiotic) parthenogenesis لا يحدث به اختزال للكروموسومات وبالتالي النسل الناتج به المكونات الوراثية المميزة للأم وجميع أفرادها من الإناث . وهذه الظاهرة شائعة فى الصراصير والمن .

٣ - تكاثر بكرى بالانقسام الذاتى automeiotic (melotic) parthenogenesis ويحدث الانقسام الاختزالى المعروف ولكن يليه اندماج نواتين ، وبالتالي تستعيد الكروموسومات العدد الزوجى للصبغيات فمثلا قد تتحد نواة الأنثى الابتدائية مع النواة القطبية الثانية أو تتحد نواتان من الأنوية التفلجية . وهذا النوع من التكاثر ينشأ منه إناث فقط ويحدث مثلاً فى حشرات coccids .

إنتاج ذكور فقط ، ويُسمى Arrhenotoky

إنتاج إناث فقط ، ويُسمى thelytoky

إنتاج الجنسين ويُسمى amphitoky .

١٦ - ٤ تكاثر الأطوار غير الكاملة Paedogenesis

أحياناً تنضج الأطوار غير الكاملة للحشرات مبكراً ، وتستطيع أن تتكاثر وهذه الظاهرة تُسمى *Paedogenesis* أى تكاثر الأطوار غير الكاملة . تنشأ هذه الظاهرة نتيجة عدم توازن هرمونى . ومعظم الحشرات التى تتكاثر فيها الأطوار غير البالغة تشمل بكرة وولادة أحياء .
هذه الحشرات يمكن أن تقسم حسب الطور الحشرى الذى يضع الذرية .

فتكاثر الأطوار غير الكاملة فى ذبابة جنس *Minator* يتم تحت الظروف الغذائية الجيدة جداً أو السيئة جداً . تنحرر اليرقات الصغيرة للطور اليرقى المتناسل لذباب *Minator* فى تجويف الجسم ، وتبدأ فى التغذية على أنسجة الأم . وفى آخر الأمر تخرج من جدار جسم الأم . وتحت الظروف الغذائية المناسبة تتطور الذرية إلى حشرات كاملة .

الفصل السابع عشر

الفقس والنمو بعد الجنيني

HATCHING AND POSTEMBRYONIC DEVELOPMENT

تقوم البرقة بعد اكتمال نموها بداخل البيضة بشق أغشية البيضة ، وقد يكون لديها أداة خاصة للقيام بهذه المهمة . وأثناء الفقس أو بعده مباشرة تطرح كثير من الحشرات جليدها الجنيني .

بعد الفقس تبدأ البرقة في التغذية والنمو ، وبما أن درجة تمدد الجليد محدودة ، فإنه لابد أن يتخلل مرحلة النمو عدداً من الانسلاخات . ويتفاوت عدد مرات الانسلاخ في الحشرات المختلفة وعادة يقل عددها الحشرات الأكثر تقدماً ، وعموماً يزداد وزن الحشرة تدريجياً وتزداد المقاييس الطولية لجسم الحشرة في خطوات متوافقة مع الانسلاخات أو قد تكون تقريباً مستمرة إذا كان تركيب جدار الجسم غشائياً كما هو الحال في كثير من اليرقات . بما أن مناطق الجسم تنمو بمعدلات مختلفة ، فبالتالي لا يمكن توضيح النمو بعلاقة رياضية بسيطة حيث إن نمو طبقة البشرة epidermis والأعضاء الداخلية قد يستلزم زيادة في حجم الخلية أو زيادة في عدد الخلايا .

ويشمل النمو من الشكل اليرقي إلى الحشرة الكاملة عادة درجات من التطور، وفي كثير من الحشرات يرتبط الشكل اليرقي بشكل الحشرة الكاملة بواسطة بعض الاعتبارات المورفولوجية، ولكن في أحيان أخرى يوجد طور انعكاسي الذي يتوسط العمر اليرقي الأخير والطور الكامل، وهذا الطور يسمح بتحول كبير في الشكل والسلوك بين اليرقة والحشرة الكاملة وفي هذه الحالة قد تتخذ اليرقات عدة أشكال ، أحياناً تغير البرقة من سلوكها أو البيئة التي تعيش فيها أثناء فترة حياتها، ويلزم ذلك تغير في الشكل وتعرف هذه الظاهرة بالتحول غير المتجانس heteromorphosis

HATCHING الفقس

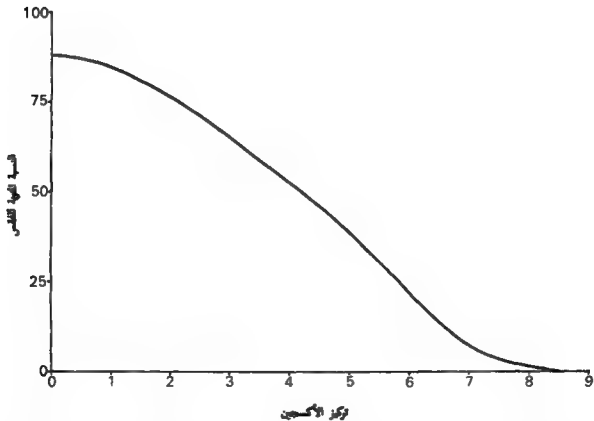
١٧-١٠ الخروج من البيضة Escape from the egg

١٧-١-١ منبهات الفقس

تخرج اليرقة كاملة التكوين من البيضة عن طريق تمزيق كل من الغشاء المحي والجليد المصلي في حالة وجوده وقشرة البيض . المنبهات التي تنبه الفقس غالباً غير معروفة وفي كثير من الحالات يتم الفقس في أي وقت يكون الجنين مستعداً لذلك، حتى إنه في بعض الحالات يمكن لبعض العوامل المنبهة الخارجية أن تؤثر على الفقس . فوجد مثلاً

أن بيض الجراد من جنس *Schistocerca* يفقس أساساً عند شروق الشمس (Hunter-Jones 1966) وبيض جنس *Epithea* (رتبة الرعاشات) يفقس عند غروب الشمس (Corbet, 1962).

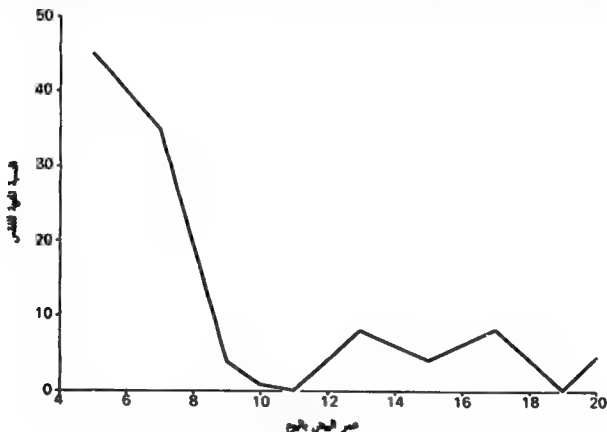
في بعض الحالات توجد تنبيهات خاصة للفقس؛ فمثلاً يفقس بيض بعض أنواع *Loxot* (رتبة الرعاشات) عند بلل البيض، بشرط أن تكون درجة الحرارة أعلى من درجة معينة، ويفقس بيض بعض جنس *Aedes* عند غمره في ماء مزال منه الأكسجين، وكلما قل الأكسجين زادت نسبة الفقس (شكل ١٧ - ١) وتختلف الإستجابة باختلاف عمر البهضة فتكون اليرقات أكثر حساسية بعد اكتمال نموها، وفي هذه الحالة يتم الفقس، حتى في الماء المشبع بالأكسجين (شكل ١٧ - ٢)؛ ولكن إذا لم يبلل البيض لفترة، فيتم الفقس عند الإنخفاض الشديد في معدل الأكسجين ويستشعر انخفاض معدل الأكسجين مركز حسي بمنطقة الرأس أو الصدر. وأقصى درجة حساسية تتزامن مع فترة نشاط قصوى للجهاز العصبي المركزي بدلالة تركيز مادة الأسيتيل كولين. وانخفاض معدل الأكسجين تأثير عكسي تماماً على فقس اليرقات من بيض *Agabus* الذي يتم فقط في ماء غني بالأكسجين، (Jackson, 1958).



(شكل ١٧-٢) النسبة المئوية للفقس في بيض بعوضة الأبيس الذي يوضع في الماء الذي يهوى على نسب مختلفة من تركيزات الأكسجين، وتركيزات وطوبئة نسبة من ٩٠ - ١٠٠٪ (عن كليمنس ١٩٦٣)

ومن ضمن الحشرات الأرضية جنس *Dermatobia* (رتبة ثنائية الأجنحة) التي ينه دفء جسم المائل بيضها للفقس في حين أنه في بيض النطايط نجد أن فقس البيضة وخروج يرقة منها يؤدي ميكانيكياً إلى إزعاج غيرها من البيض بنفس الكتلة ويجبرها على الفقس، وبالتالي يفقس البيض الكتلة الواحدة تقريباً في وقت متقارب جداً . (Uvarov 1966) .

كذلك تحدد درجات الحرارة المناسبة أساسية لفقس بيض جميع أنواع الحشرات، ويوجد حد معين لانخفاض درجة الحرارة عنده لا يتم الفقس وتختلف هذه الدرجة باختلاف الحشرات فتكون حوالي ٨° م في بق *Cimex* ، ١٣° م في *Oncopeltus* و ٢٠° م في الجراد من جنس *Schistocerca* . ويلاحظ أن درجات الحرارة الملائمة لفقس البيض تختلف عن درجة الحرارة الملائمة لأكتمال النمو الجنيني ، فقد ترتفع عنها كما في جنس *Cimex* (١٣° م) أو تقل عنها كما في جنس *Schistocerca* (حوالي ١٥° م) . وفشل الفقس في درجات الحرارة المنخفضة قد تكون له علاقة بقلّة نشاط اليرقة ، فضلاً عن قلة جراد *Schistocerca* حديثة الفقس تكون عادة غير طليعية النشاط في درجة حرارة أقل من ١٧° م ويستمر نشاط الحشرة بطيئاً في درجة الحرارة الأقل من ٢٧° م (Hussein, 1937) . وعادة يقل نشاط البق من جنس *Cimex* في درجة حرارة أقل من ١١° م . بالإضافة إلى ذلك فإن درجات الحرارة لابد أن ترتفع إلى حد معين حتى تستطيع الإنزيمات الهاضمة لطبقة الجلد المصل القيام بوظيفتها بكفاءة (شكل ١٧-٢)



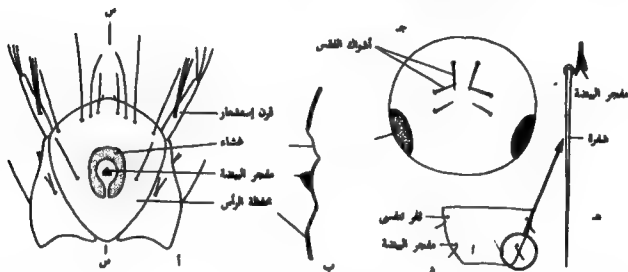
(شكل ١٧-٢) نسبة الفقس لنسبة بيض بيض في أعمار مختلفة تحت ظروف غير عادية ، حل للاء للشيخ بالهواء اللهب .

تشق معظم الحشرات طريقها من البيضة عن طريق ابتلاع السائل الرهلي مما يؤدي إلى زيادة حجمها، ثم عن طريق دفع الدم إلى الأمام بواسطة انقباضات البطن، وبالتالي تبذل منطقة الرأس ضغطاً على قشرة البيضة . قد تزيد الحشرة أحياناً من حجمها من طريق ابتلاع الهواء الذي ينفذ من قشرة البيضة أو الذي يدخل بداخلها عقب التمزق الأولي لأغلفة البيضة . وتوجد في جنس *Acheta* عضلات خاصة في جسم الرقعة تساعد في عملية ضخ الدم وهذه العضلات تتحلل بعد الفقس . ويلاحظ أنه قد توجد عضلات ماثلة في حشرات أخرى تكون فعالة فقط وقت الانسلاخ .

قد تنشق قشرة البيض بأسلوب غير منتظم محتملة على المكان الذي تم به الضغط الداخلي ؛ فمثلاً في جنس *Agabus* يظهر شق طولي بقشرة البيض ، وفي حالات أخرى تنشق قشرة البيض على طول خط ضعيف كالذي يشاهد في خطوط الفقس الطولية في *Calliphora* ، أو عند نقطة اتصال جسم قشرة البيضة مع غطاء البيضة كما في رتبة نصفية الأجنحة غير المتجانسة . وفي بيض البعوض من جنس *Aedes* يوجد خط ضعيف في طبقة الجليد المصل ومنه يمتد شق بطريقة سلبية بقشرة البيض ، وربما يكون ذلك بسبب شدة الاتصال بين طبقة المصلية وقشرة البيض (Judson and Hokama , 1965) . وقد تم عملية الفقس في كثير من بيض الحشرات بمساعدة أعضاء جلدية توجد عادة على منطقة الرأس ، وتسمى بمفجرات البيضة *egg busters* . وقد توجد هذه الأعضاء على جليد الرأس الجنيني في رتب الرعاشات ، مستقيمة الأجنحة ، نصفية الأجنحة غير المتجانسة ، شبكية الأجنحة *Trichoptera* ، أو قد توجد على جليد اليرقات للعمر الأول في الحشرات التابعة لرتبة البراغيث *Siphonaptera* ، وفصيلة *Cerabidae* ، ونمت رتبة *Nematocera* . وتختلف أشكال مفجرات البيضة ؛ فمثلاً في نصفية *Pentatomidae* تأخذ هيئة سن مركزي على شكل حرف *Y* أو *T* . وأحياناً كما في البراغيث والبعوض وذباب جنس *Glossina* قد يوجد السن في منخفض غشائي يمكن انتصابه نتيجة زيادة ضغط الدم به . في جنس *Agabus* يوجد مفجر البيضة على هيئة شوكة على جانبي الرأس ، أما في *Climacomorpha* ، فيوجد صف من الأشواك على جانبي الوجه يمتد بين العين والشفة العليا (شكل ١٧ - ٣) . وفي جنس *Polyphax (Siphunculata)* يوجد بها زوج من الأشواك ذات فصل رمحي الشكل ينشأ من انقباضات قمتها ، أما في القمل من جنس *Pediculus (Siphunculata)* ، فيوجد به خمسة أزواج من هذه الأوتار . وفي جنس *Haematopinus* يوجد من ٩ إلى ١٠ أزواج .

في كثير من الحشرات التابعة لرتبة *Polyphaga* توجد مفجرات البيضة على العقل الصدرية أو البطنية لليرقات بالعمر الأول (Van Emden , 1946) . فمثلاً في جنس *Atelgaster* يوجد سن على كل جانب من جانبي العقل الصدرية الأولية والوسطى والخلفية في حين أن يرقات *Tenebrionidae* فيوجد بها سن صغير على كل جانب من تراجعات العقل الصدرية الأولية والوسطى والخلفية ، وكذلك على الحلقات البطنية من الأولى إلى الثامنة (شكل ١٧ - ٣ د هـ) . وكيفية قيام مفجرات البيض بوظائفها غير واضحة بالضبط ، ويقتد (Jackson 1958) أنه في جنس *Agabus* حيث تكون قشرة البيض ضعيفة تكون مفجرات البيض غير فعالة بها . وفي حالات أخرى تستخدم في الضغط الداخلي على قشرة البيض إلى أن تتمكن من ثقبها ثم يحدث شق بواسطة حركات ضاغطة مناسبة بواسطة للرأس . وتستغل يرقات جنس *Dacus* (رتبة ذات الجناحين) خطاطيف الفم بطريقة ماثلة لمفجرات البيضة ، حيث

تكرر إبرازها إلى أن تتمكن من قطع قشرة البيض (D.T. Anderson, 1962). ويستعمل النصل الرمحى فى حشرات *Polyplox* ، وكذلك الأشواك فى البق من جنس *Cimex* بنفس الأسلوب لإحداث قطع فى الغشاء الهى ، ثم يتم كسر قشرة البيضة نتيجة لقوة الدفع (Sikes and Wigglesworth, 1931) .



(شكل ١٧ - ١٩) - ١٧ - رأس الملقح الأول لبعوضة أبيض ب - رسم توضيحي لقطع رأس حشرة (١٨) حتى الخط من م - ١٩ - رأس الجنين لحشرة *Blattella* ، حيث يرى الجنين د - مظهر ظهري للحلقة المطوية التابعة للملقح الأول لحشرة *Tenebrio* د - مظهر مظهر البيضة مكبرة (من مارشال ١٩٣٨ ، سوت وود ١٩٥٦ ، وفان إندن ١٩٤٩) .

فى الحشرات التابعة لفصيلة *Acrididae* يوجد بمنطقة العنق منطقة غشائية رقيقة ، وتكون هذه المنطقة قابلة للتمدد من هذه الجهة نتيجة ضغط الدم بها . وتحدث هذه الانتفاخات العنقية الضغط على الجليد المصل الذى يكون فى هذه الحشرات العائق الأساسى لعملية الفقس ، حيث يحدث تشقق بقشرة البيض كنتيجة انتفاخ الجنين أثناء نموه . كذلك فى هذه المجموعة من الحشرات ، وربما أيضاً فى رتبة نصفية الأجنحة غير المتجانسة التى تتميز بوجود طبقة صميكية من الجليد المصل يساعد فى الفقس لإفراز إنزيم بواسطة الأرجل البلورية التى تقوم بهضم طبقة الجليد المصل الداخلى *Seroal endocuticle* .

وعند الفقس تلجأ يرقات حرشفية الأجنحة إلى قرض قشرة البيض بواسطة أجزاء الفم ، وبعد الفقس تستمر فى التغذية عليها ، ولا يتبقى منها سوى الجزء القاعدى فقط . فى *Pieris brassicae* حيث يوضع البيض فى مجاميع قد تقوم اليرقة حديثة الفقس بقرض قمة البيض الذى لم يفقس والجوار لها (David and gardiner, 1962) .

وعندما يتم وضع البيض داخل كيس بيض ، فينبغى على اليرقات حديثة الفقس أن تخرج منه بعد التحرر من قشرة البيض ، فمثلاً فى الصراصير من جنس *Blattaria* ينشق كيس البيض قبل الفقس بسبب انتفاخ البيض به لامتصاصه

الماء . وعند فقس الجراد Acridids تمكن اليرقات من التسلل خلال المادة الرغوية التي تكسو كتلة البيض ، وتكون اليرقات مغلفة بالجلد الجنيني . وفي هذه الحشرات تنمو العضلات الطولية الظهرية بصورة متخصصة لتسهيل خروج الحشرات بدليل أنه ليس لهذه العضلات أى وظيفة بعد الفقس (Thomas 1954) ، كذلك يساعد الانتفاخ المعقى حركة اليرقات ، فأثناء اندفاع الرأس في الشق الضيق يكون الانتفاخ متبكمشاً ، ثم يتمدد ليعطي وسيلة يتمكن بواسطتها من سحب البطن . عند خروج اليرقات من البيض ، فتكون متجهة إلى أعلى ، ثم تتحرك على الخط الأقل مقاومة . وتخرج حشرات فرس النوى من كيس البيض بأسلوب مماثل .

١٧-٢ الانسلاخ الوسيطى Intermediate moult

في الحشرات التي تقتنى جليداً جنينياً ينفصل هذا الجليد قبل الفقس بفترة قصيرة عن طبقة فوق الجليد التي توجد بأسفله ، ولكن لا يتم طرحه ، وبالتالي عند الفقس تعرف اليرقة بأنها في العمر المجهدى الأول Pharate first instar . انتزاع الجليد الجنيني أثناء الفقس أو بعده مباشرة يطلق على هذا الانسلاخ الانسلاخ الوسيطى intermediate moult ، فمثلاً عند فقس حوريات Cimex من البيضة تبطلق البقعة كمية من الهواء وبواسطة عمليات ضخ الهواء يحدث شق الجليد الجنيني بمنطقة رأس الحورية ، وينزع الجليد باستمرار تحرك الحورية من البيضة ويلتصق هذا الجليد بقشرة البيض الفارغة (Silkes and wigglers worth 1931) وفي حشرات نصفية الأجنحة غير المتجانسة يشتبك الجليد الجنيني بالكورفون من الداخل .

ويم الانسلاخ المتوسط في Acridids بعد الفقس ، حيث يبدأ أثناء خروج الحوريات إلى أسطح التربة . وينشق هذا الجليد بفعل الانتفاخ المعقى .

النمو بعد الجنيني

POSTEMBRYONIC DEVELOPMENT

يقسم تاريخ حياة الحشرة إلى سلسلة من الأطوار ، يفصل بين كل طور وآخر انسلاخ . ويعرف الشكل الذي تتخذه الحشرة بين انسلاخين بالمعمر instar . يعرف الشكل الذي يلى الانسلاخ المتوسط بالمعمر الأول وبهذه تسليخ منه الحشرة إلى عمر ثان second instar ، وهكذا إلى أن تصل الحشرة إلى صورتها الكاملة ، وتعرف حينئذ بالطور البالغ أو الكامل imago or adult ، ولا تحدث انسلاخات في هذا الطور إلا في مجموعات نادرة من الحشرات .

١٧-٣ عدد الأعمار Number of instars

يزداد عدد الأعمار اليرقية عادة في الحشرات البدائية عنها في الحشرات الأكثر رقياً؛ فمثلاً تسليخ حشرتنا *Stenonema, Ephemera* من رتبة ذباب مايو Ephemeroptera ٣٠ و ٤٠ مرة على التوالي ، أما حشرات نصفية الأجنحة غير المتجانسة ، فلها خمسة أعمار يرقية عادية يوفى Nematocera توجد أربعة أعمار فقط . ويلاحظ كذلك أن حشرات المجموعة الواحدة قد تختلف في عدد انسلاخاتها . وعدد الأعمار اليرقية التي يمر بها جنس معين غير ثابت دائماً .

ففي الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة ، حيث تكون الأنثى أكبر حجماً من الذكر يكون لديها عدد من الأعمار في الأنثى يزيد عن أعمار الذكر بواحد ، كذلك الحوريات الناشئة من بيض صغير الحجم عادة تنمو ببطء ، ولها عمر إضافي . ففي جنس *Nomadocris* قد يوجد له ٦ أو ٧ أو حتى ٨ أعمار بريقة وفقاً لمعاملة الآباء (Albrecht 1955). في جنس *Plusia* وبعض حشرات حرشفة الأجنحة قد تمر اليرقات المرباة في صورة فردية في ٥ ، ٦ أو ٧ أعمار ، في حين أن اليرقات المرباة في مجاميع لها خمسة أعمار فقط . (Long, 1953).

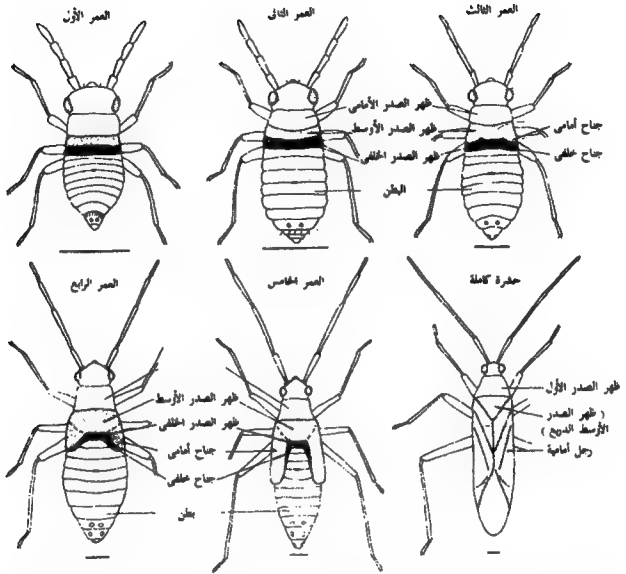
١٧-٤ أنواع التطور Types of development

خلال مرحلة نمو اليرقات لا يصحب ذلك تغيرات من حيث الشكل ، فكل عمر يرق يشبه العمر السابق له ، ولكن درجة التغير من المظهر اليرقي الأخير إلى الطور الكامل يختلف بدرجات متفاوتة . وقد يكون التغير واضحاً . ويطلق على هذا التغير بالتحول *metamorphosis* (Snodgrass 1954, Wigglesworth, 1965) . وقد يعبر عنه فسيولوجياً بأنه التغير الذي يصاحب الانسلاخ في غياب هرمون الشباب .

وقد يستعمل لفظ التحول على جميع التغيرات التي تحدث في حياة الحشرة من وقت خروجها من البيضة إلى أن تصل إلى الحشرة الكاملة (Imms, 1957)، ولكن من الأفضل ألا يستعمل هذا التفسير الواسع . ويمكن تقسيم الحشرات إلى ثلاث مجاميع : حشرات عديمة التحول *ametabolous* ، نصفية التحول (أو ناقصة التحول) *hemimetabolous* ، أو تامة التحول *holometabolous* ، (شكل ١٧ - ٤) .

وفي الحشرات العديمة التحول تنشأ الحشرة الكاملة من اليرمو التدريجي للحشرة الصغيرة . ويعتبر اليرمو بدون تحول من سمات الحشرات العديمة الأجنحة *Apterygota* ، حيث تفقس البيضة إلى فرد شبيه للحشرة الكاملة فيما عدا في صغر حجمها وعدم اكتمال نمو الأعضاء التناسلية بها . وبعد كل انسلاخ تكبر في الحجم ، وكذلك تنمو الأعضاء التناسلية . ويلاحظ أن هذه الأفراد وحشراتهما الكاملة تعيش في نفس البيئة .

وفي الحشرات نصفية التحول (أو الناقصة التحول) تشبه الحوريات الحديثة الفقس الحشرات الكاملة إلى حد كبير ، إلا أنها تكون صغيرة الحجم ، ويتغيب فيها الأجنحة والأعضاء التناسلية (شكل ١٧-٤) ، وبالإضافة إلى ذلك قد تظهر بها بعض الظواهر المميزة لطور الحورية والتي لا تظهر في الحشرة الكاملة . وبعد الانسلاخ الأخير تختفي هذه الظواهر . وتعتبر حشرات الرتب الآتية ذات تحول نصفى (أو ناقص) :- رتبة مستقيمة الأجنحة ، متجانسة الأجنحة ، نصفية الأجنحة المتجانسة ، وغير المتجانسة . وأظهر اليرمو في جنس *Dysdercus* أن هناك تغيراً تدريجياً أثناء نمو أعمار الحورية وتوقف حاد عن انسلاخ الحورية إلى حشرة كاملة لا يطبق هذا التوقف على المظاهر المميزة للحشرة الكاملة ، مثل الأجنحة والأعضاء التناسلية ، لكن على مظاهر أخرى لا تعبر نموذجية للحشرة الكاملة (Blackith et al. 1963)

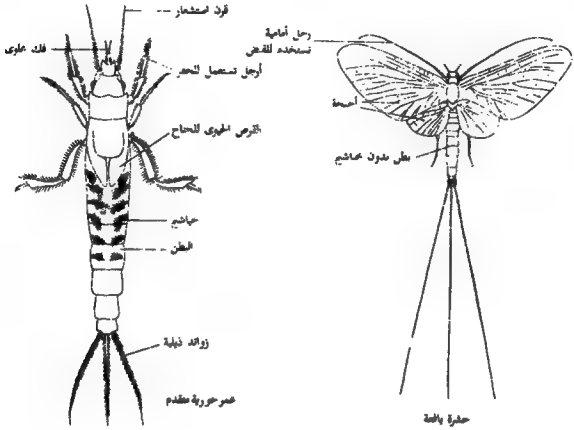


(شكل ١٧ - ٤) النمر للحورية في حشرة نافذة الطور . أعمار الحورية والبالغة حشرة *Gyllictris* (مختلفة الأجيال) . الخط الأول الموجود أسفل كل شكل يساوي ٥ مم (عن سوشارد ١٩٥٩)

إذاً يوجد دليل كمي للتحويل ومن هذه التغيرات التي تحدث في الحشرات من جنس *Rhodnius* فقد جلد الحورية ذى الشيا النجمية الشكل ، والصفايح العديدة الحاملة للشعيرات ، واستبداله بجلد الحشرة الكاملة الذي تظهر به ثانيا مستعرضة ، وبه عدد قليل من الصفايح والشعيرات (Lawrence, 1966, Locke 1959) .

في الحشرات التابعة لرتب *Plecoptera*, *Ephemeroptera* و *Odonata* تعيش حورياتها في الماء . ويظهر التكيف لهذه المعيشة بوضوح فيها . إذاً هذه الأشكال تمر في تحول واضح يتضمن فقد خياشيم تنفسية ، بالإضافة إلى بعض

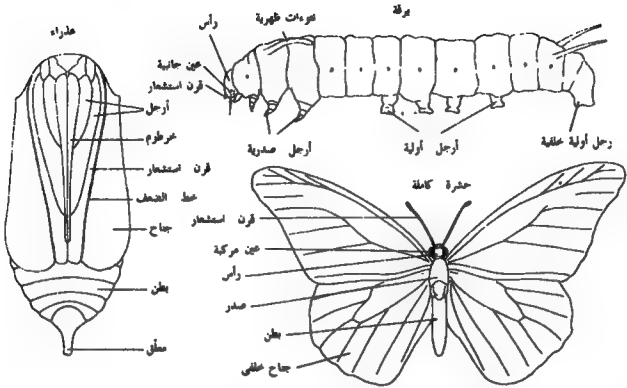
تغيرات أخرى (شكل ١٧ - ٥) ، ومع ذلك فشكل الجسم العام يشبه إلى حد كبير الطور اليافع ، وتعتبر هذه الحشرات ناقصة (نصفية) التحول .



(شكل ١٧ - ٥) عمود حورية مقدم والطور اليافع لحشرة *Ephemera* ، وهي حشرة ناقصة التطور يظهر بها السمات التي تلازم الحياة في الماء وهذه السمات مرسومة بخط قليل (عن مكان ١٩٦١ ، كيمس ١٩٥٠) .

وأخيراً في الحشرات تامة التحول ، تختلف البرقات فيها تماماً عن الحشرة اليافظة . ويوجد طور عذرى يتوسط الطور اليرق والطور اليافع (شكل ١٧-٦) . والعنقاء طور مميز في الحشرات تامة التحول . ويوجد هذا النوع من التحول في رتب سبكية الأجنحة ، *Trichoptera* ، حرشفية الأجنحة ، غمدية الأجنحة ، غشائية الأجنحة ، ثنائية الأجنحة ، هدية الأجنحة والذباب الأبيض وذكر الحشرات القشرية

يتعلق الفرق التاسع بين المظهر اليرق واليافع باختلاف البيئة التي تعيش فيها الأقطار المختلفة . ويلاحظ أنه لا يوجد اختلاف أساسي في كيفية التغير في الحشرات ذات التحول النصفى أو التام ، حيث يشترك الاثنان في غياب هرمون الشباب عند الانسلاخ .

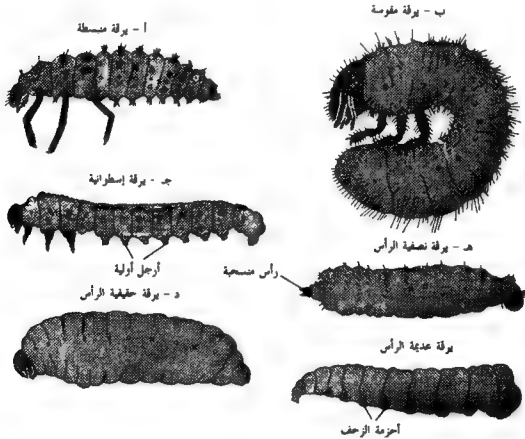


(شكل ١٧ - ٩) نمو حشرة تامة التطور من جنس *Danaus* ناتجة ليرقة حرشفية الأجنحة: يرقة (منظر جانبي)، عذراء (منظر بطني)، حشرة كاملة (منظر ظهري) (عن أرتوهازت ١٩٦٠)

٢-٥ أنواع اليرقات Types of larvae

من الملائم لأسباب وصفية تقسيم الأطوار غير الكاملة إلى عدد من المجموعات تبعاً لأشكالها العامة فالأطوار غير الكاملة لحشرات نصفية التحول تشبه الحشرة اليافعة أو الكاملة إلى حد كبير ولذلك تسمى بالحواريات *Nymphs* للتمييز بينها وبين يرقات الحشرات ذات التحول التام التي تختلف في الشكل تماماً عن الحشرة اليافعة والفرق الظاهر بين يرقات الحشرات نصفية التحول وتامة التحول هو كيفية نشوء الأجنحة. ففي الحالة الأولى تنشأ الأجنحة كبراعم خارجية تكبر تدريجياً مع كل انسلاخ، وأخيراً يكتمل نموها في الطور الحشري اللاحق (شكل ١٧ - ٤). في الحالة الثانية تنشأ الأجنحة كإنغمادات أسفل الجليد اليرقي وبالتالي لا تظهر من السطح الخارجي، وعند انسلاخ اليرقة إلى طور العذراء تنقلب الإنغمادات وتظهر للخارج (شكل ١٧ - ٦). وسوف نتجنب في سياق الشرح الحالي تحديد الطور غير الكامل إلى نوعين أي حواريات، أو يرقات على التوالي، لأن ذلك قد يشير إلى وجود اختلافات أساسية بينهما، وهذا غير صحيح.

وتتخذ يرقات الحشرات ثامه التحول أشكالاً تامة التحول أشكالاً عديدة ، وأبسط هذه الأشكال هي اليرقات قليلة الأرجل ohgopods (Chen, 1946) ، حيث يوجد بها ٣ أزواج من الأرجل ، وكبسولة الرأس بها كاملة النمو وأجزاء المع بها تشبه مثيلتها في الحشرة اليافعة ولكن تعيب فيها الأعين المركبة . وتتخذ اليرقات قليلة الأرجل شكلين : يرقات منبسطة Campodeiform ، حيث يكون بها الجليد متصلياً وجسمها مسطح من الجهة ظهر - بطنية ، وعادة تكون من الحشرات المفترسة وتظهر بأرجل طويلة ورأس بارزة ذات أجزاء فم أمامية . (شكل ١٧ - ١٧) . الشكل الثاني هو اليرقات الجعالية أو المقوسة Scarabaeiform وتظهر بجسم ممثلي ومنطقتي الصدر والبطن ضعيفة التصلب ، وبها أرجل قصيرة وتكون قليلة الحركة ، وعادة تنخر في الخشب أو التربة . (شكل ١٧ - ٧ ب) . وتوجد اليرقات المنبسطة في الحشرات التابعة لرتب شبيكية الأجنحة ، و Trichoptera Strepsiptera ، وبعض غمدية الأجنحة أما اليرقات المقوسة (جعال) ، فتوجد في بعض حشرات غمدية الأجنحة خاصة حشرات الجعال التابعة لفوق فصيلة Scarabaeoidea



(شكل ١٧ - ٧) أشكال اليرقات (عن بترسون ١٩٦٠ ، ١٩٦٧ ، هوث ١٩٦٤)

ويوجد نوع ثان أساسي هي اليرقات عديدة الأرجل أو الإسطوانية *Polypod larvae* . وتكون درجة تصلب جدار الجسم بها ضعيف عادة وحركتها محدودة حيث أنها تعيش في مكان انتشار وتوافر غذائها (شكل ١٧ - ٧ ج) .

توجد اليرقات عديدة الأرجل في الحشرات التابعة لرتبة حرشقية الأجنحة و *Mecoptera and Tenthredinidae*

أما النوع الثالث ، فهي اليرقات عديمة الأرجل *Apodous larvae* ، حيث لا توجد بها أرجل والجلد بها ضعيف التصلب ويوجد في هذا النوع عدة أشكال تقسم تبعاً لدرجة تصلب كبسولة الرأس .

(أ) حقيقية الرأس *eucephalous* ، حيث تكون كبسولة الرأس شديدة التصلب (شكل ١٧ - ٥٧) ، كما في

Nematocera, Buprestidae, Cermbycidae, Aculeata

(ب) نصفية الرأس *hemicephalous* : وتكون كبسولة الرأس مضمحلة ، ويمكن سحبها بداخل الرأس ، كما في

Tipulidae, Brachycera

(ج) عديمة الرأس *acephalous* : وتغيب فيها كبسولة الرأس (شكل ١٧ - ٧) كما في *Cyclorrhapha*

وفي الحشرات المتطفلة التابعة لرتبة غشائية الأجنحة يفقس البيض عن يرقات تعرف باليرقات ذات الأرجل الأولية *Protopod* . وهذه تأخذ عدة أشكال ، وقد لا تشبه الحشرات العادية (شكل ١٧ - ٨) (Clausen, 1940) وتفقس هذه اليرقات من بيض به نسبة قليلة من الملح . ويعتبر بعض الباحثين أن هذه اليرقات عبارة عن جنين مبكر النشوء (الفقس) (Chen, 1946) في حين يعتقد البعض الآخر أن هذه اليرقات عبارة عن أشكال متخصصة

مكيفة للمعيشة في البيئة الشاذة التي توجد بها (Snodgrass 1954)

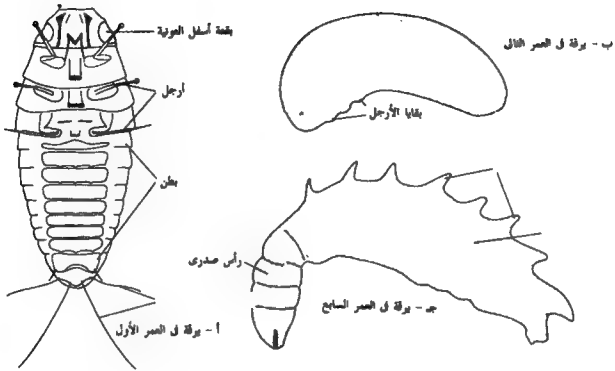
٢٠-٦ التحول غير المتجانس *Heteromorphosis*

يمر التطور أو النمو في معظم الحشرات في سلسلة من الأعمار اليرقية متتالية في الشكل إلى أن تدخل في مرحلة التحول . وتختلف أحياناً الأعمار اليرقية المتتالية تماماً في الشكل . ويطلق على التطور الذي يشتمل على أشكال مختلفة بالتحول غير متجانس *Heteromorphosis* . ويراعى أن هذا النوع من التحول قد يسمى أيضاً بفرط التحول

Hypermetamorphosis

ويوجد التحول غير المتجانس في الحشرات المفترسة والمتطفلة التي تغفر من عاداتها خلال فترة النمو اليرقي . ويمكن تميز مجموعتين من هذا التحول . ففي حشرات المجموعة الأولى تضع بيضها في العراء . وبعد الفقس تخرج اليرقات في العمر الأول وتبحث عن عائلها ، أما حشرات المجموعة الثانية فتقوم بوضع البيض داخل أو على جسم العائل مباشرة .

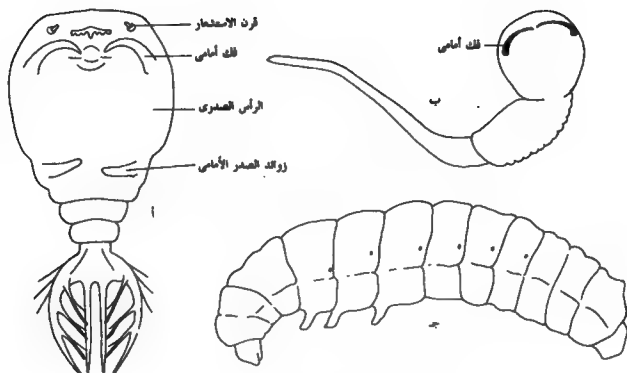
المجموعة الأولى : يرقات العمر الأول فيها نشطة قادرة على الحركة ، فمثلاً في الحشرات التابعة *Strepsiptera* تكون اليرقات من النوع المنبسط وتعرف بالمثلثيات *Tringulin* (شكل ١٧ - ٨ أ) وتتعلق هذه اليرقات بجسم العائل إقترابه من أحد الزهور التي توجد بها وسريعاً تتحول اليرقات إلى طفيل داخلها وتفقد أرجلها تماماً . ويبدأ ظهور العديد من التغيرات الظهرية عليها التي تزيد من السطح المعرض للمرض للانمصاص . فيما بعد يظهر في العمر اليرقي السادس أو السابع بهذه اليرقات المتطفلة منطقة رأس صدرية *Cephalothorax* (شكل ١٧ - ٨ ب ، أ ج) .



(شكل ١٧ - ٨) التحول غير المتجانس . أعمار يرقة لحشرة *Corticeus* (اسميسيرا) ١ - مظهر لليرقة في العمر الأول آخر التلبد ، ب ، ج أشكال جانبية ليرقات متطفلة منطقة في العمر (عن كلوف ١٩٤٠)

وينفس الوسيلة تتحول يرقات العمر الأول النشطة إلى يرقات مبر نشطة في الأعمار المتطفلة التالية في كل من الحشرات التابعة للفصائل الآتية: *Mantispidae* (Neuroptera), *Meloidae* (Coleoptera), *Aceridae*, *Bombyliidae*, *Nemestrinidae* (Diptera), *Perilampidae*, *Eucharidae* (Hymenoptera) *Epipyropidae* (Lepidoptera). (Clausen,) 1960, Snodgrees 1954.)

المجموعة الثانية وتتميز بنوع من التحول غير المتجانس وتوجد في بعض الحشرات المتطفلة داخلياً من رتبة ثنائية ثنائية الأجنحة ورتبة غشائية الأجنحة كـ فمثلاً الرقات في العمر الأول لحشرة *Cryptochaetum* (رتبة ثنائية الأجنحة) يظهر بها زوج من الزوائد الطرفية الإصبعية الشكل التي تتحول في يرقات الأعمار التالية إلى زوائد تنفسية شديدة الطول، وتسبب تقيراً شديداً في شكل اليرقة. ويظهر التحول غير المتجانس بوضوح جداً في حشرات رتبة غشائية الأجنحة التي يغقس فيها البيض عن يرقات عديدة الأرجل. فمثلاً في *Helorimorpha* يظهر العمر البرق الأول فيها برأس كبيرة وجسم غير معقل وذيل مستدق الطرف (شكل ١٧-٩). أما العمر البرق الثالث فيكون على نحو نموذجي لمعظم يرقات غشائية الأجنحة (شكل ١٧-٩ - ج). في الحشرات التابعة لفصيلة *Platyasteridae* يظهر يرقات العمر الأول منطقة رأس صدرية حاملة لبعض زوائد أثرية، وجسم معقل، وعدة زوائد ذيلية (شكل ١٧-٩ أ). بالإضافة إلى وجود أشواك متجهة للخلف على جليد العذراء وتساعد في الحركة إلى الإمام.



(شكل ١٧-٩) يرقات لطفيل غشائي الأجنحة

أ - عمر يرقي أول خشرة *Pterygaster instriktor*

ب - عمر يرقي أول خشرة *Heliorimorpha*

ج - يرقة ناضجة خشرة *Heliorimorpha* (عن ستودجواي ١٩٥٤)

الفصل الثامن عشر

التحول

METAMORPHOSIS

تختلف مدى درجة التغير التي تم عند تحول الربة إلى حشرة كاملة حسب درجة الاختلاف بين تركيب الربة والحشرة الكاملة . ففي حالة تشابه الربة والحشرة اليافعة يكون التحول بسيطاً. وفي حالة وجود اختلافات واضحة بين الطورين، فيوجد طور عذرى Pupa كمرحلة سابقة لطور الحشرة اليافعة .

في الحشرات نصفية التحول يمكن تسمية العمر الرق الأخير بطور العذراء ، والتي تعتبر طوراً أساسياً لتحول الربيقات إلى الأشكال اليافعة وبذلك تسمح للربيقات بفزو بيئة جديدة . يحدث خلال مرحلة العذراء إعادة بناء للأنسجة متضمنة أساساً انقلاب ونشوء الأجنحة وتنمية عضلات الطيران ، نظراً لأن العذراء طور ساكن، فإنها لا تكون محصنة، ولذلك تتعرض لمعظم الحشرات في خلايا محبة أو بداخل شرنقة، وتلجأ إلى عدة وسائل للتححر منها عند خروج الحشرة اليافعة . ويوجد عادة توافقت زمنية لخروج الحشرات اليافعة الذي غالباً ما يتم أثناء الليل .

١٨-٩ العذراء The pupa

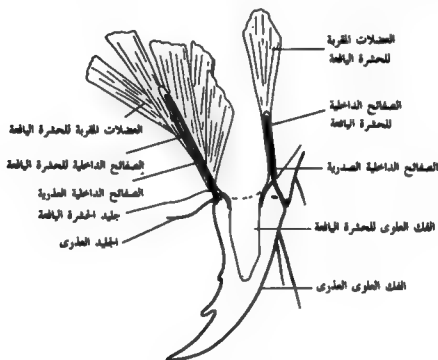
١٨-٩-١ شكل العذراء

يظهر بالعذارى في الحشرات تامة التطور جميع صفات الحشرة اليافعة، وبالتالي، فالعذراء تعتبر أقرب شياً بالطور اليافع عن طور الربة . وعند انسلاخ الربة إلى عذراء يتم إنقلاب الأجنحة وزوائد أخرى التي كانت تنمو داخلياً في الربة للخارج وبالتالي تصبح ظاهرة خارجياً بالرغم من عدم فرد هذه الأعضاء في الشكل النهائي (شكل ١٧-٩) . وفي بعض العذارى تكون الزوائد حرة على الجسم وتسمى في هذه الحالة بالعذارى الحرة exarate ولكن في حالات أخرى تلتصق الزوائد على الجسم بواسطة إفرازات يتم إفرازها عند انسلاخ الربة إلى عذراء ، وتسمى حينئذ بالعذارى المكبلة object . يلاحظ أن جدار الجسم يكون أكثر تصلباً في العذارى المكبلة عنه في العذارى الحرة .

بالإضافة إلى ذلك تتميز العذارى بوجود أو غياب الفكوك المفصليّة ، ففي حالة وجود الفكوك المفصليّة تعرف العذارى بنوات أجزاء القم المتحرك dectious condition ويوجد بها وتداً هيكلياً Apodeme وينطبق بداخل الوتد الهيكل فكوك الطور اليافع (شكل ١٨ - ١) ، وبالتالي يمكن تحريك الفكوك بواسطة العضلات الفككية للطور

Pharate adult. أما الحالة العكسية ، فهي العذارى ذوات أجزاء الفم غير المتحركة وتسمى غير متحركة الفكك adectricous

وتكون العذارى ذوات أجزاء الفم المتحرك دائماً من النوع الحر . وتوجد في حشرات رتب *Trichoptera* ، *Neuroptera* ، *Megaloptera* وكذلك في بعض حشرات حرشقية الأجنحة . وأيضاً قد تكون بعض العذارى من ذوات أجزاء الفم غير المتحرك من النوع الحر كما في الحشرات التي تتبع *Cyclorrhaphe* ، *Siphonobtera* ومعظم حشرات غمدية الأجنحة وغشائية الأجنحة . وفي حالات أخرى قد تكون العذارى من النوع المكبل ، كما في معظم حشرات حرشقية الأجنحة ، شبكية الأجنحة ، *Nematocera* ، *Brachycera* ، *Staphylinidae* وبعض *Chrysomelidae* ومعظم *Chalcidoideae* (شكل ١٨ - ١)



(شكل ١٨ - ١) رسم توضيحي لقطاع خلال الفلك العلوى لعذراء متحركة الكوكوك ويوضح الصفائح الداخلية العلوية داخلية ، الصفائح الداخلية للحفرة الداخلية
(من هيرن ١٩٨٦)

طور ما قبل العذراء Prepupa : قد تسكن الحشرات وهي في العمر اليرقي الأخير لمدة يومين أو ثلاثة أيام قبل تعذرها ، وفي كثير من الحالات تكون الحشرة أثناء تلك الفترة في طور العذراء المجهدية Pharate Pupa الذى يسمى بطور ما قبل العذراء Prepupa ، ولكن يراعى أنه لا يمثل طوراً مميزاً مورفولوجياً . ومع ذلك ففي الحشرات التابعة لرتبة هديبة الاجنحة Thysanoptera . وفي ذكور Coccidae توجد مرحلة مميزة تسمى بطور ما قبل العذراء ، حيث يمثل مظهر ساكن بل الطور اليرقي ، ويقع مظهر ثان ساكن ، أى طور العذراء .

معظم عذاري الحشرات تكون في حالة سائلة وبالتالي تمثل مرحلة غير محصنة وعرضة للخطر ، ولذلك تتعذر معظم الحشرات بداخل خلايا أو شرنقة توفر بواسطتها لنفسها وسيلة للوقاية ، فكثير من الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة تبني لنفسها خلية أسفل سطح التربة وتتعذر بداخلها ، وذلك بواسطة لصق جزئيات التربة بواسطة سائل تقوم بإفرازه . فمثلاً عند تعذر حشرات جنس *Cerura* (رتبة حرشفية الأجنحة) تقوم ببناء غرفة من أجزاء خشبية مكونة لنفسها طبقة مغلقة تتعذر بداخلها . وتعذر بعض يرقات غمدية الأجنحة بداخل تجاويف الخشب الذي تنخر فيه . وتفرز يرقات أخرى خيوطاً تضم بواسطتها أبلقة من مواد معينة ، (كأوراق نبات مثلاً) مكونة لنفسها غرفة تتعذر بداخلها ، في حين أنه في أجناس أخرى تبني اليرقات شرنقة كاملة من إفرازات حريرية . وتنتج الحشرات التابعة *Bombycoidea* (رتبة حرشفية الأجنحة) الشرائق الحريرية وأما يرقات حشرات *Cyclorrhaphous siphonoptera*, *Trichoptera*, *Hymenoptera* من رتبة ثنائية الأجنحة ، فإنها تنتج تركيباً مميزاً من جليد العمر الرق الأخير لحماية العذاري بداخله ، فيتم ترسيب جليد أولى *Procuticle* خلال فترة العمر الرق الأخير وفي نهاية هذا العمر تلف الورقة نفسها بداخله ، ويتصلب الجزء الخارجى للجليد ليكون تركيباً يضاوياً صلباً . تنسلخ الورقة بداخله إلى عذراء مع إحتفاظها بالجليد الخارجى الحديث التصلب ، مكونة تركيباً واقعياً يعرف بالجليد العذري *Puperium* . (شكل ١٨ - ٢ ج) . وبالسطح الداخلى للجليد المتصلب قد يلتصق غشاء رقيق يمثل الجزء الغير متصلب من الجليد الرق ومن جهة أخرى يعتقد بأن الورقة تنسلخ انسلخاً إضافياً بداخل الجليد العذري لتتحول بعده إلى عذراء ، ويمثل هذا الغشاء الرقيق الجليد المنزوع لهذا الانسلاخ (Whitten, 1957)

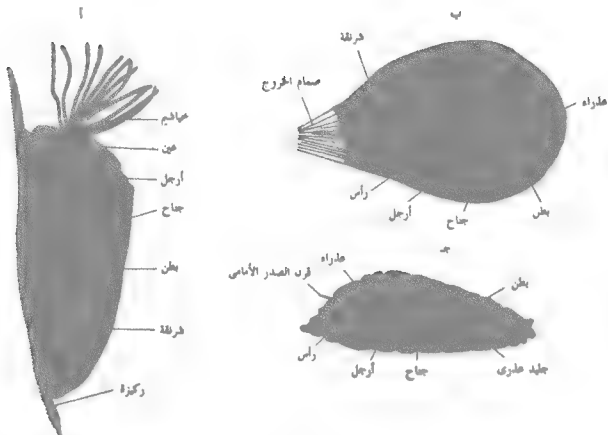
وللقليل من الحشرات نوع من العذاري غير المخصصة وهذه واضحة من الحشرات التابعة لفصيلة *Nymphalidae* ، حيث تتعلق العذاري من وسائل حريرية . هذه العذاري المكشوفة تكون ماثلة للون البيقة التي توجد بها في حين أن أغلب العذاري الأخرى المحصنة تتخذ اللون البني عادة أو لوناً فاتحاً .

١٨-٩-٣ العوامل التي تتحكم في التحول

تتحكم الهرمونات في التحول إلى المظهر اليافع ولو أن النمو وهرمون الانسلاخ يجران طبقة البشرة على أن تتخذ مظهر الطور اليافع، إلا أنها لا تسبب في تطور جزء معين من الجسم . وقد تظهر بعض درجات التمييز لأنسجة الطور اليافع في الجنين .

توجد بعض الأدلة التي تشير إلى أنه يوجد في الكثير من الأعضاء مركز تميز differentiation يتحكم في تطور ونمو هذا العضو؛ فعلى سبيل المثال يظهر بقاعدة أرجل جنس *Pieris* جزء صميح كمساحة سريعة الانقسام الخلوى (شكل ٢٧١) ويتنشر الانقسام الغير مباشر من هذه الخلايا (Kim, 1959) . كذلك تبدأ العين في البعوض من جنس *Aedes* كتفليظ خلف منطقة العين التي ستكون في المستقبل، ومنها تنتشر موجة انقسامات غير مباشرة إلى الخارج ويكون التفليظ عبارة عن قرص بصري optic placode ينمو في مساحة سابق تحديدها فسيولوجياً. ويعتقد أن تطور القرص البصري ينشأ عن طريق بعض العوامل التي تنتشر إلى الأمام من الجزء الخلفي في حين أنه في العمر الرق الأخير تتميز وحدات بصرية ommatidium أيضاً تبدأ من خلف العين، وتنتشر إلى الأمام (R H White, 1961) . وكمثال

آخر يتحدد نموذج الجناح في جنس *Ephesia* في تنظيم مماثل قد يرجع أيضاً إلى إنتشار بعض العوامل من مركز التمييز الذي يوجد في منتصف الجناح (Wigglesworth, 1965).



(شكل ١٨-٢) فرائق حشرات في قطعت لوضوح العذراء داخلها

١٨-٢ انبثاق الطور الافع Adult emergence

تعرف عملية تحرر الحشرة الكاملة من جليد العذراء أو التحرر من حورية العمر الأخير في حالة التحول النصفى بانبثاق الطور الافع Ecdlosion. فينشق الجليد الخلف في منطقة الصدر على طول خط ضعيف يتخذ شكل حرف T في العذراء. ولحدوث الشق في الحشرة الافة تبثق الحشرة الهواء لتزيد من حجمها، ثم تزيد من حجم منطقة الصدر عن طريق اندفاع الدم إلى الأمام من البطن أما في حشرات رتبتي حرشقية الأصمحة، وثنائية الأجنحة، حيث توجد بها عذراء من النوع المكبل يكون القم منخلاً بواسطة صفيحة متصلة قوية وبالتالي لا تستطيع الحشرة الافة امتصاص الهواء مباشرة بداخل قناتها المضمية. وبالرغم من أن بعض الثغور التنفسية للطور الافع الجهدي

تصل بالثغور التنفسية للعدراء إلا أن هذا الإنصال لا يوجد في ثغور أخرى بل تفتح أسفل جليد العدراء . وبالتالي تتمكن الحشرة من ضخ هواء من خارج الجهاز القضي إلى الفراغ بين جليد العدراء وجليد الحشرة اليابسة وتمكن الحشرة من ابتلاع هذا الهواء لكي تزيد من حجم جسمها (Hinton, 1946) .

بعد شق الجليد تسحب الحشرة نفسها وتفرّد أجنحتها باندفاع الدم خلالها . وفي كثير من الحشرات ، تلحق الحشرة اليابسة حديثة الانطلاق نفسها مقلوبة رأساً على عقب حيث تساعدها قوة الجاذبية على فرد الأجنحة .

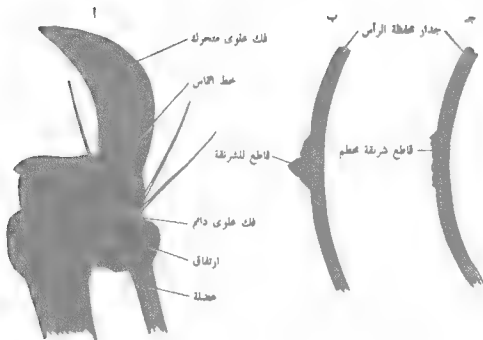
١٨ - ٢ - ١ الخروج من الشرقة

في حالة تغليف العدراء بخلية أو شرقة يكون على الحشرة التحرر من هذه الأغلفة أيضاً . أحياناً يكون الطور الياقع التمهيدى قادر على درحة من الحركة تمكنه من الإنطلاق وهو مازال بداخل جليد العدراء ، وهذا هو الحال في العنبرى القاطعة أو ذات الفكوك المتحركة *dectious pupae* التى تستعمل الفكوك عن طريق حركة من عضلات الطور الياقع في قطع الشرقة . أحياناً كما في حشرات رتبة *Trichoptera* تكون أجزاء فم الطور الياقع غير فعالة ، ولذا تكون الوظيفة الوحيدة للعضلات الفكوكية للطور الياقع هى تشغيل فكوك العدراء عند إنطلاق الطور الياقع وتتحل هذه الفكوك فيما بعد . وتتحرك العدراء بعيداً عن الشرقة قبل انطلاق الطور الياقع وبساعدها في ذلك وجود روائد الجسم حرة بالإضافة إلى وجود أشواك متجه للخلف على جليد العدراء ، وتساعد في الحركة إلى الأمام .

ولدى الحشرات التابعة *Cyclorhapha* تركيب خاص يسمى مثانة جببية *Pitilum* تسهل لها الانطلاق من الجليد العذرى كذلك تساعد الحشرة في الحفر لتصل إلى سطح الأنقاض التى تدفن بها العذارى . والمثانة الجببية عبارة عن كيس غشائى يقلب عن طريق ضخ الدم به بواسطة انضغاط البطن ، بحيث إنها تضغط على الجليد العذرى الذى ينشق على طول خط ضعف ، وتكون المثانة الجببية كاملة التركيب في الحشرات التى تتبع *Schizophora* ولكنها توحد كتركيب أترى في حشرات فصيلة *Syrphidae* . وتختلف درجة تصلب حدار الجسم التى تتم في هذه الحشرات قبل الخروج من الشراق ففي بعض الحشرات يستمر الجليد لين إلى ما بعد انطلاق الطور الياقع . وفي حشرات أخرى خاصة المتحركة منها يتصلب الجليد قبل الخروج من الشرقة ، أى أن في جنس *Calliphora* يتم نصب الأرحل والأوتاد الهيكلية *Apodeme* وكذلك الشعيرات التى تحمي الحليد اللين وأيضاً بعض الأعضاء الخاصة مثل دبوس الاتزان وقرون الاستشعار والزوائد التناسلية الخارجية . أما باقى الجليد ، فإنه لا يتصلب إلا بعد أن يتم فردة عند نحر الحشرة اليابسة (Cottrell, 1964) في حشرات رتبة حرشية الأجنحة لا يفرد جسم الحشرة كثيراً بعد انطلاق الطور الياقع وبالتالي تكون درجة تصلب الجليد كثيفة قبل خروج الحشرة من الشرقة إلا الحناح فيكون مضيقاً .

وتنطلق بعض حشرات أخرى من العدراء وتتصلب بالكامل قبل الخروج من الشرقة ، وقد توجد بعض الزوائد التى تساعدها في ذلك . فمثلاً حشرات رتبة غمدية الأجنحة وغشائية الأجنحة لديها فكوك قوية تساعدها على قرض الشرقة لتتخذ طريقها للخارج وفي بعض حشرات السوس من تحت فصيلة *Otiichynchinae* يحمل طرف الفك العلوى زائدة تعرف بالفك الكاذب *False mandible* (شكل ١٨ - ٣ أ) بواسطتها تتمكن الحشرة من الخروج من الشرقة ، وفي معظم الأنواع تفقد هذه الزائدة فيما بعد . من ضمن فصيلة *Cynipidae* حشرات لا تغذى في الطور الكامل ويهرب هذه الحشرات من جسم العائل التى تتعذر اليرقات بداخله بواسطة الفكوك ، وتعتبر هذه الوظيفة الوحيدة للفكوك في الحشرة الكاملة .

وفي الفراغيت هم تصلب جليد الطور اليافع قبل خروجه من الشرقة فقد تبقى هذه الحشرات بداخل الشرقة لفترة بعد إنطلاق الطور اليافع . أما خروجهم عادة نتيجة تنبيه أو إزعاج ميكانيكي. وفي بعض الأنواع يسهل الخروج من الشرقة وجود قاطع شرقة Cocoon cutter يحمل على الجبهة . في *Trichopsylla* يكون قاطع الشرقة غشاء ساقطاً (شكل ١٨-٣ ب ، ج) . أما في ذكور الحشرات التابعة *Strepsiptera* فتستعمل الفكوك في إحداث قطع في المنطقة الرأس صدرية للعمر اليرق الأخير الذي تتعذر بداخله ، وذلك عن طريق إبراز المنطقة الرأس صدرية هذه الرقات خارج جليد العائل ليتسنى خروج الطور اليافع .



(شكل ١٨ - ٣) الفك الأيمن لحشرة *Pollydrons* (عملية الإجمعة) في وقت الخروج من العذراء ب - جانب الرأس لحشرة *Trichopsylla* بعد ففدها لقاطع الشرقة .

وفي أنواع العذراء غير القاطعة أو عديمة الفكوك *adecticus* توجد وسائل أخرى تستعمل للخروج من الشرقة ، فمثلاً في الحشرات التي تتبع *Monotrysia* والحشرات البدائية من تحت رتبة *Ditrysia* وتتمكن العذراء من الاتجاه إلى الأمام بمساعدة الأشواك المتجهة إلى الخلف على الجسم فتأخذ العذراء طريقها خلال جدار الشرقة نتيجة لوجود شفة مرتفعة أو خديعة على الرأس تعرف بقاطعة الشرقة *Cocoon cutter* . ولا تتحرر العذراء كلياً من الشرقة ولكن يبرز الجزء الأمامي إلى الخارج ويحتجز الجزء الخلفي عن طريق أشواك متجه إلى الأمام محملة على العقلة البطنية التاسعة أو العاشرة . ونتيجة لتثبيت جليد العذراء بهذه الوسيلة تتمكن الحشرة اليافعة من شد نفسها على البيئة التي تعيش عليها ويسهل عليها أن تسحب نفسها متحررة من جليد العذراء . وتوجد قواطع الشرقة أيضاً في الحشرات التي تتبع *Nematocera* ، ولكن غالباً توجد القواطع على هيئة تراكيب مركبة .

وفي كثير من الحشرات ذات العذارى غير الفاطمة ينطلق الطور اليافع من العذراء وهو مازال داخل الشرنقة ، ويتحرر من الشرنقة فيما بعد وجليدها مازال ليناً وغير منفرد ، كما يحدث في الحشرات الراقية التي تتبع *Ditrysia* حيث يسهل تحررها لدقة أغلفة الشرنقة أو بوجود صمام في أحد أطراف الشرنقة من خلاله تستطيع الحشرة أن تأخذ طريقها للخارج ، في حين أن هذا الصمام يمنع دخول حشرات أخرى ، وتعتبر جنس *Saturnia* من هذا النوع (شكل ١٨ - ٢ ب) ، أما في حشرات فصيلة *Megalopygidae* فيوجد باب محور في أحد أطراف الشرنقة . بعض حشرات رتبة حرشفية الاجنحة تفرز إفرازات تلين مادة الشرنقة ، فمثلاً حشرات جنس *Cerura* تخرج من الفم إفرازاً يحتوي على الهيدروكسيد البوتاسيوم الذي يلين أحد أطراف الخلية المصنوعة من رقائق خشب ملتصقة . وبهذه الوسيلة تتمكن الحشرة من دفع طريقها إلى الخارج ، وهي محمية ببقايا جليد العذراء ، وديدان القز من جنس *Bombyx* تفرز انزيم *Protease* الذي يؤثر على مادة سريسين *Sericin* الحرير ، وكذلك تنتج قليل من حشرات *Nactuidae* إفرازات تلين الشرنقة .

القسم الرابع

الجلید والتفس والإخراج

The cuticle, respiration and excretion

الفصل التاسع عشر

جدار الجسم

THE INTEGUMENT

جدار الجسم هو الطبقة الخارجية لجسم الحشرة ويتكون من البشرة (epidermis) والجلد (Cuticle)، ويعتبر جدار الجسم سمّة من سمات مفصليات الأرجل، ويعد إلى حد كبير مسلولاً عن نباح الحشرات كحيوانات أرضية. ويوفر جدار الجسم الدعامة والحماية للحشرة وذلك لصلابته وتوجهه فضلاً عن أهميته الرئيسية في الحد من فقد الماء من خلال سطح الجسم.

ويبرز جدار الجسم بواسطة خلايا البشرة epidermis والخلايا النبيذية oenocytes، وهو يتكون من عدد من الطبقات لكل منها تركيبها الخاص.

ويكون جدار الجسم لدينا مرناً فور إفرازه، ولكن سرعان ما يتصلب سطحه الخارجي بعد عملية تسمى التصلب Sclerotisation أو الدبغ tanning، والتي تتضمن إنتاج روابط كيميائية تربط بين سلاسل البروتين التي تشكل الجلد. وهناك مركب هام في تركيب الجلد وهو الكيتين chitin الذي يعمل كمقلف، ويستوعب عند تكوينه كمية البروتين المستخدمة. ولا يتعرض الجلد بأكمله لعملية التصلب، بل تظل الفواصل التي تقع بين الصفائح الصلبة مرنة لكي تتيح للحشرة حرية الحركة. وتتكون بعض هذه الفواصل من جلد مطاطي راتنجي خاص.

والجلد الصلب نفسه ليس مانعاً لنفاذية الماء، بل تأتى المناعة ضد نفاذية الماء من طبقة رقيقة جداً من الجلد الخارجي Epicuticle المعقد التركيب والذي يبرز على السطح الخارجي للجلد.

وحيث أن الجلد الصلب ليس له قدرة على التمدد يسمح بنمو جسم الحشرة، لذا كان من الضروري أن تتخلص الحشرة منه من آن لآخر، وتستبدله بجلد آخر يسمح لجسمها بالنمو والتمدّد، وذلك عندما يكون مرناً فور إفرازه وقبل تصلبه. وللاحتفاظ بأكبر قدر من المركبات الداخلة في تركيب الجلد القديم تعمل الحشرة على تحليل وامتصاص الأجزاء غير المدبوغه منه، وذلك بعد هضمها بواسطة سائل الانسلاخ. ويتم بناء الجلد الجديد، ولو جزئياً على الأقل قبل نزع الجلد القديم، وأول ما يتم بناؤه هي طبقة الجلد الخارجي التي تتولى حماية الجلد الجديد النامي من أن يهضم بواسطة سائل الانسلاخ، ويتم إفراز الطبقة الشمعية في نفس الوقت الذي ينزع فيه الجلد القديم حتى لا يحدث فقد الماء من جسم الحشرة حتى في هذا الطرف. ويتمزق الجلد القديم على طول خطوط

ضعيفة فيه عندما يتعرض للضغط التي تولده الحشرات عند تقاطع معينة فيه ويتسبب هذا الضغط أيضا في فرد وتمدد الجلد الجديد وتستطيع الحشرة إحداث هذا الضغط بعد ابتلاعها للهواء أو الماء ، ولـ وجود عضلات خاصة تتحلل بعد إتمام الانسلاخ .

ويرتبط تاريخ حياة الحشرة كلها بدورة الانسلاخ ، وما تتضمنه من عمليات مختلفة يدخل فيها عدد من الهرمونات .

١٩-١ البشرة ومشتقاتها Epidermis and its derivatives

١٩-١-١ البشرة

تشكل البشرة الطبقة الخلوية الخارجية من جسم الحشرة ، وهي بـمسك خلية واحدة ، وتتفـلطح خلاياها بين دورات الانسلاخ حتى تصبح حدودها غير واضحة . وترتبط خلايا البشرة ببعضها بواسطة أغشية فاضلة رابطة عبارة عن صفائح متوازنة من خلايا البشرة وزوائد سيتوبلازمية طويلة تمتد داخل القنوات المسامية للجلد ، ولكن يتم سحب هذه الزوائد فورا عندما يكتمل بناء الجلد .

١٩-١-٢ الغدد

قد تخصص بعض خلايا البشرة أعضاء للحس أو غددًا . وتتـركب غدد البشرة عادة من ثلاث خلايا هي : خلية مفـرزة تكون أحيانًا في غاية الضخامة وزوج آخر من الخلايا تكونان قناة إفرازية خلال البشرة وتمتد هذه القناة حتى سطح الجلد ومن المحتمل أن تمتد نهايتها حتى الجلد السطحي . ويتجمع إفراز الخلية المفرزة في فجوة ويتم اخراجه إلى السطح أثناء تكوين الجلد ، حيث يُكوّن الأسمت *Cement* وفي حالة حشرة رودينس (*Heteroptera*) *Rhodnius* يوجد نوعان من الغدد الجلدية تفرزان مركبات متنوعة من الأسمت .

وفي جميع يرقات ثنائية الأجنحة توجد غدد حول ثغرية تحيط بالثغور التنفسية ، وهي عادة ما تتكون من خلايا منفردة ضخمة ذات قُبـات بين خلوية تفتح إلى الخارج بالقرب من حواف الثغور التنفسية وإفرازاتها الدائمة الاستمرار هي المسفولة عن خاصية عدم الابلال التي يتميز بها الجلد المحيط بالثغور التنفسية والتي تمنع الماء من دخول الجهاز القضي .

٢٩-١-٣ الغشاء القاعدي

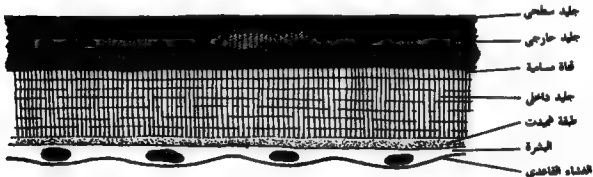
تستند خلايا البشرة إلى غشاء قاعدي ، وهو عبارة عن طبقة محبة غير متبلورة لا يزيد سمكها عن ٠,٥ ميكرون (Locke, 1964) ، وهو يشكل غشاء مستمرا . وعند تقاطع اتصال العضلات به يلتحم بغلاف العضلة (شكل ٢٨٤) . وفي حالة يرقات حشرة كاليفورنا *Calliphora* (ثنائية الأجنحة) وبعض الحشرات الأخرى توجد خلايا قصبية نجمية تستند إلى الغشاء القاعدي (Wolfe, 1954a) . وقبل الانسلاخ في الـرودينس تتسبب الخلايا الدموية في زيادة سمك الغشاء بتزويدها اياه بمركبات مخاطية عديدة التسكر .

١٩-١-٤ الخلايا النبذية

الخلايا النبذية هي عادة خلايا ضخمة ، قطرها يزيد عن ١٠٠ ميكرونا ، توجد في مجموعات على كلا جانبي كل حلقة بطنية . وفي حالة كل من ذباب مايو Ephemeroptera والرعاشات Odonata ومختلفة الأجنحة Heteroptera - من دون سائر الرتب تظل الخلايا النبذية بهيكل منابتها حيث تستقر بين قواعد خلايا البشرة والغشاء القاعدي ، وفي حالة كل من حشرية الأجنحة Lepidoptera ومستقيمة الأجنحة Homoptera وغشائية الأجنحة Hymenoptera وبعض من ثنائيات الأجنحة Diptera ترى الخلايا النبذية منغمة ومطمورة في الجسم الدهني وقد يتم إنتاج هذه الخلايا بصفة مستمرة أو قد تتجدد مع كل انسلاخ ، أو كما هو الحال في الحشرات كاملة التطور - قد تتكون في الطور اليرقي، ثم تتجدد تكوينها في الطور البالغ والخلايا النبذية تمر في دورات من النمو، حيث يرتبط هذا النمو في الأطوار غير البالغة بدورات الانسلاخ ، ومن المحتمل أن تكون لها علاقة بفراز ليبيروتين الجليد السطحي وربما بتخليق الشمع كذلك .

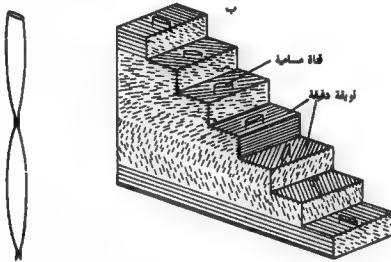
١٩-٢ الجليد Cuticle

يعتبر الجليد من إفراز طبقة البشرة ، ويغطي الجليد السطح الخارجي للجسم فضلا عن تحمليه للانتمادات الاكثودية مثل الماء الأماسي والملي الخلفي . والقصبات الهوائية . وهو يتميز إلى منطقتين رئيسيتين هما : منطقة داخلية ويزيد سمكها على ٢٠٠ ميكرونا ، وهي تحتوي على الكيتين Chitin وتشكل الجزء الداخلي من الجليد ، ومنطقة خارجية رقيقة هي الجليد السطحي الذي لا يحتوي على الكيتين ولا يزيد سمكه عن ٤:١ ميكرونا ويسمى الجليد الكيتيني عقب إفرازه ، بالجليد الأول Procuticle ، ولكن سرعان ما يتصلب أو يندفع الجزء الخارجي منه ويسمى عندئذ الجليد الخارجي exocuticle بينما يطلق على الجزء الداخلي غير المتميز منه الجليد الداخلي endocuticle (شكل ١٩-١) . وبين هاتين الطبقتين ، قد توجد منطقة من الجليد صلب ولكنه ليس قائم اللون وتقبل الاصطباغ بصبغة الفوكسين بينما الجليد التام الاندماج لا يقبل الاصطباغ بهذه الصبغة ويطلق على هذه المنطقة الجليد الأوسط mesocuticle .



(شكل ١٩ - ١) رسم تخطيطي يثل الفراز الجليد تام التكوين والبشرة

وللجلد الداخلي تركيب صفائحي ناشئ عن انتشار لويقات دقيقة في الجلد (انظر اسفل) . وتوجد هذه اللويقات الدقيقة موازية لبعضها البعض في طبقات داخل مسطح الجلد ثم تأخذ شكلا مروحا عند كل من نهايتها الداخلية والخارجية، وذلك لكي تتداخل هذه النهايات في كل طبقة مع مثيلاتها في الطبقة التالية (شكل ١٩-١٧) وهذا التنظيم يجعل الجلد صفائحي التركيب (شكل ١٩-٢٠ ب) ويوجد بين الجلد الداخلي والبشرة طبقة غير متبلورة ويدون أى لويقات، ولكنها تصبح محبة بالقرب من البشرة (شكل ١٩-١٠)، ويطلق عليها طبقة همدت Schmidt's layer أو تحت الجلد ومن المحتمل أنها تمثل الجلد الداخلي في دور التكوين .



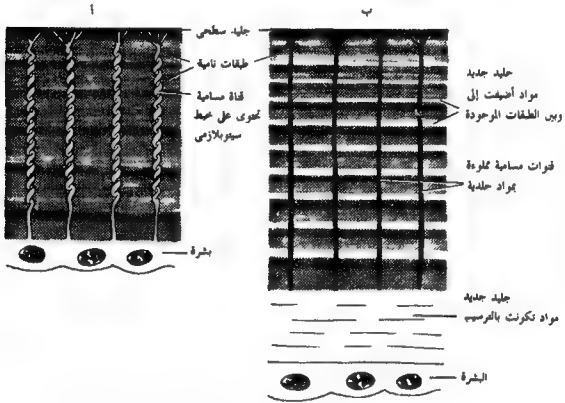
(شكل ١٩-٢٠ أ) رسم توضيحي يمثل قناة مسامية عميقة - ب- رسم توضيحي لقطاع يمر في حلقة جلدية بين الألياف الدقيقة في صفائح مسامية تسير في اتجاهات شتى وقناة مسامية في اتجاه مواز للويقات . (مأخوذ عن تركل واخرون سنة ١٩٦٩ .

١٩-٣-١٩ القنوات المسامية

تمر خلايا الجلد قنوات مسامية غاية في الدقة تسير بزوايا قائمة حتى السطح . وتعتمد هذه القنوات من البشرة حتى الطبقات الداخلية من الجلد السطحي، وعادة ما تنشأ هذه القنوات لاحتواء البروزات السيتوبلازمية لخلايا البشرة وعلى أى حال فإن Locke (1964) يعتقد إنها عبارة عن خلويات إضافية بالرغم من احتوائها على خيوط مصدرها الخلايا التي قد تعتمد حتى النهايات السطحية للقنوات وتبدو القنوات عادة وكأنها كانت حلزونية ، وربما كانت مرتبة بالتبادل مع الألياف في صفائح الجلد المتتالية (Locke, 1960, 1961) ولكن في الرقات المسنة لذباب اللحم (ثنائية الأجنحة)، فإن مثل هذه القنوات تصبح مستقيمة، وذلك بفعل الضغط الناشئ عن المركبات الجلدية الحديثة التي تتراكم بين الطبقات الأصلية (شكل ١٩-٣) (Denneil, 1980) ويتراوح قطر القنوات المسامية من نحو ميكرونا واحداً في رقات باب اللحم إلى ١٥ ميكرونا في الصراصير . والأطراف النهائية للقنوات المسامية ربما تختوى على الشمع ، وهذه تمتد في شكل قنابات مهيبة غاية في الدقة تخترق طبقات الكيوتيكولين في الجلد السطحي .

وفي حالة الجليد النام التكوين ، قد توجد القنوات المسامية فقط في الأجزاء الخارجية بينما تملأ الأجزاء الداخلية منها . وهذا ناشئ من ترسيب الجليد الداخلي بعد سحب الزوائد السيتوبلازمية من القنوات ، وعليه تختفي هذه القنوات ، إذ بعد انسحاب الزوائد السيتوبلازمية تملأ القنوات في الأجزاء الخارجية بالمركبات الجليدية (شكل ١٩-٣ ب) .

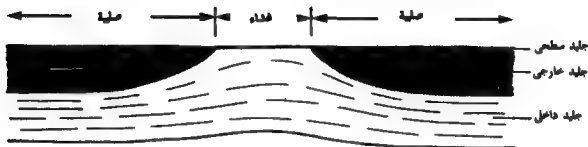
وتختص القنوات المسامية بنقل المركبات الجليدية من خلايا البشرة إلى السطح ، ولتسهيل هذه العميات فإنها تتواجد بأعداد ضخمة . ففي يرقات ذباب اللحم ، يوجد من ٥٠ إلى ٧٠ قناة في مقابل كل خلايا البشرة ، وبهذا يوجد ١٥٠٠٠ قناة في كل ملليمتر مربع. وفي الصرصور الأمريكى تبلغ كثافة القنوات المسامية ١,٢٠٠,٠٠٠ قناة في كل ملليمتر مربع. ويعتقد Locke (1964) أن الزوائد داخل القنوات المسامية تربط الجليد بخلايا البشرة .



(شكل ١٩-٣) (أ) رسم تخطيطي لقطاع جليد ذبابة اللحم بعد الاستلاخ (ب) الجليد في يرقة الباع

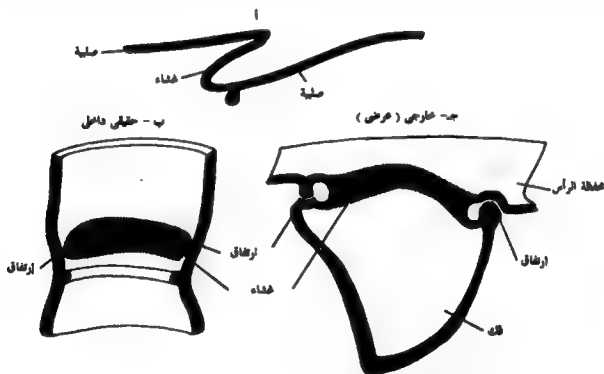
١٩-٢-٢ محورات الجليد

لكي يكتسب الجليد قابلية للإنشاء ، حيث إن أجزاء خاصة منه فقط قد تميزت بجليد خارجي تام التكوين . وتسمى تلك الأجزاء بالصليبيات sclerites وهذه تتصل ببعضها في مناطق يكون فيها الجليد غشائياً (شكل ١٩-٤). وتحدد مساحة الغشاء وطريقة الارتفاق لكل صليبيتين متجاورتين مدى الحركة التي يمكن أن تحدث عند المفصل .



(شكل ١٩ - ٨) رسم تخطيطي للتقاطع في المفاصل بين مفصل شعاعى قابل للإنتشاء بين صليتين متجاورتين .

وفي بعض الأحيان - كما هو الحال بين حلقات البطن - يكون الغشاء متصفاً ، حتى إنه لا يكون هناك نقطة للتلامس بين الصليتين المتجاورتين ، ولذا فإن الحركة لا تكون محدودة (شكل ١٩ - ٥ أ) وفي الكثير من الأحيان تتلامس الصليتين مع بعضها لتكون ارتفاعاً حقيقياً (تفصلاً حقيقياً) وتسمى المفصل هنا وحيدة الارتفاع أو ثنائية الارتفاع لعدد الارتفاعات إذا كانت واحدة أو إثنين . والمفصل الوحيد الارتفاع كالموجود بين قرون



(شكل ١٩ - ٥) رسم توضيحي لأنواع مختلفة من الارتفاع بين المفاصل الصلبة

(أ) غشاء بين حلقى متصغ ويصنع الارتفاع بين الصليتين

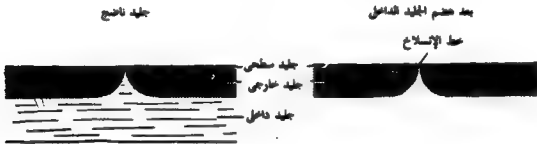
(ب) مفصل رجل وحيد الارتفاع ذو ارتفاع داخلي (مخفي)

(ج) مفصل قاع الارتفاع بين الفك العلوي ومعدنة الرأس (مفصل خارجي عرضي) حواف المفاصل الصلبة ترى في الرسم سوداء والأضلاع تبدو مطللة

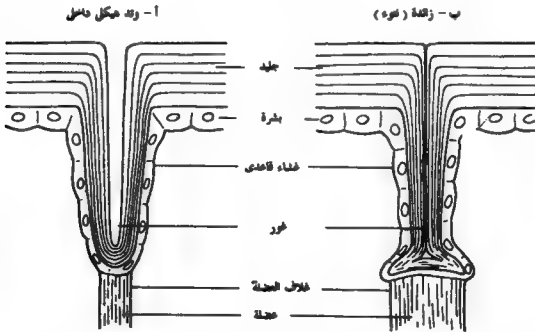
(من رسوم جراس ١٩٣٥)

الامتشاع والرأس يسمح بقدر كبير من الحركة ، بينما في حالة المفصل ثنائي الارتفاق كالموجود بين الكثير من مفاصل الأرجل ، لا يسمح إلا بحركات محدودة ، ولكنها حركات أكثر تحديداً ، وقد تقع مسطحات الارتفاق ضمن الغشاء بصفة دائمة كما هو الحال في معظم مفاصل الأرجل ، أو للحظات كما هو الحال في مفاصل الفكوك . (شكل ١٩ - ٥ ج)

وبعيداً عن المناطق الغشائية فإن الجليد الخارجي يكون غير موجود على طول خطوط الانسلاخ في حالة يرقات الحشرات ناقصة التطور . وعادة يتركب الجليد على طول هذه الخطوط من جليد داخلي غير متميز وجليد سطحي فقط (شكل ١٩ - ٦) ، وذلك لكي يشكل في هذه الأماكن خطوط ضعيفة ينشق عندها الجليد عند الانسلاخ .



(شكل ١٩ - ٦) رسم تخطيطي لقطاع في الجليد متصلاً مع خط من خطوط الانسلاخ ، سائل الانسلاخ يحتمل الجليد الداخلي ، ويرك الجليد متراكماً مع بعده بواسطة الجليد السطحي فقط مكوناً خط ضعيف .

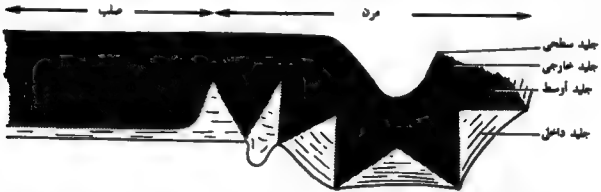


(شكل ١٩ - ٧) رسم توضيحي لقوى (الطماض) جليدي يشكل (أ) وشماً ميكلياً داخلياً (ب) قوة (زائدة) من Richards, 1951

وفى الكثير من بركات الحشرات كاملة التطور ، يظل الجزء الأكبر من الجليد غير متميز (Dennell, 1946, Locke, 1960, Way, 1950) . وهذا يسهل عملية النمو، حيث إن الجليد غير المتميز يكون أكثر مرونة من الجليد المتصلب ، وهو كذلك يسمح لبعض الرقات بالزحف بطريقة تختلف عن حشراتنا الباقع ، ولكنها تلائم بعض الظروف المحيطة بالرقات وهذه لها أيضاً أهميتها فى الحفاظ على بعض المواد ويتم هضم معظم الجليد غير المتميز وإعادة إمتصاصه عند الانسلاخ ، بينما تفقد الأجزاء المتصلبة منه ، وعليه فإن الجليد غير المتصلب يكون اقتصادياً أكثر بالنسبة للرقات عديدة الانسلاخ . وتسلخ الكوللمبولا بصفة مستمرة حتى فى طورها الباقع ، وإنسلاخها حتى تنقذ ما يمكن إنقاذه من الجليد .

وتتشكل أغوار (انخفاضات) وتغلظات الجليد الهيكل السجاسجى (الداخلى) . ويطلق على الأغوار الجوفاء المعدة للإلتحام بالروابط العضلية الأوتاد الهيكلية الداخلية apodemes ، بينما يطلق على التراكيب الصلبة الزوائد apophyses (شكل ١٩-٧) ولكن بالإضافة إلى الروابط العضلية فإن الهيكل السجاسجى له أهميته الكبرى أيضاً فى حماية وتدعيم الأعضاء المختلفة وعلى هذا النحو يعمل الهيكل الخيمى tentorium (شكل ١-٥) للرأس والأغوار التى توجد أحياناً تغطى العقد العصبية الصدرية .

ويوجد عند قواعد أجنحة الحشرات حرسية الأجنحة أجزاء مغلفة ولكنها مرنة . وفى هذه الحالة فإن الجليد الخارجى يكون أكثر مرونة عنه فى الأحوال الطبيعية ، وبالإضافة إلى ذلك فإن الجليد الأوسط لا يكون متواصلاً ، بل إنه يتشكل أوتاداً تمتد داخل الجليد الداخلى حتى تسهل عملية الالتئام (شكل ١٩-٨) (Sharplin, 1963)



شكل (١٩-٨) رسم توضيحي لتقاطع فى الجليد الرن الموجود عند قواعد أجنحة الحشرات حرسية الأجنحة (عن Sharplin, 1963)

١٩-٣ الإنسلاخ وتكوين الجليد Molting and cuticle formation

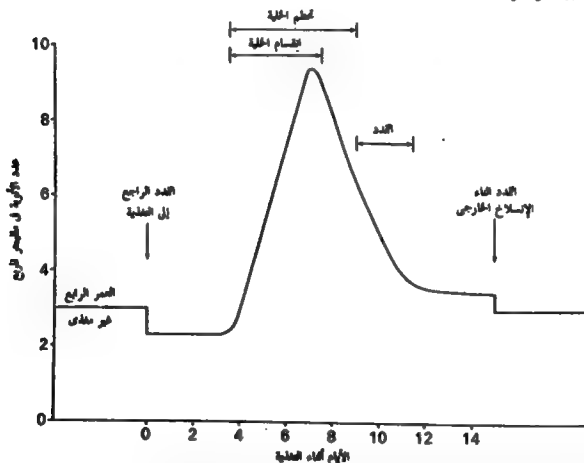
يحدد الجليد عملية نمو جسم الحشرة ، حيث لا يسمح إلا بقدر ضئيل من النمو لأن قدرته على التمدد محدودة ، ولهذا فإن لزيادة حجم الحشرة زيادة ملحوظة لابد من نزع الجليد واستبداله بآخر . ويطلق الانسلاخ على عملية نزع الجليد ، ولكن هذه العملية تشمل عمليتين متميزتين يمكن الفصل بينهما .

- العملية الأولى منهما تتضمن انفصال الجليد القديم عن خلايا البشرة ويُطلق عليها الانسلاخ *ecdysis* كما سماه Yenkinand Hinton ، ١٩٦٦ مينا يطلق البعض الآخر لفظ الانسلاخ *moulting* .يشمل هذه العملية وما بعدها أما العملية الثانية فتشمل نزع بقايا الجليد وتعرف بالانسلاخ الخارجى *ecdysis*

٢٩-٣-٩ تغير البشرة

يستدل عل بدء عمليات الانسلاخ عادة بتغير خلايا البشرة ، حيث إنها تنقسم انقساماً غير مباشر وبهذا تصبح متزاحة وتأخذ الشكل العمادى .

وبذلك يزيد عدد هذه الخلايا بالنسبة للوحدة المساحة من البشرة (شكل ١٩-٩) حتى إذا تفلطحت هذه الخلايا تسبب زيادة فى المساحة الكلية للبشرة وبالتالي تزيد مساحة الجليد . ولزيادة فى الحجم لا تنشأ فى جميع الأحوال من انقسام الخلايا ، ففى يرقات السيكلورهافا من ثنائية الأجنحة مثلاً يجرى النمو ببطء وينشأ من ازدياد حجم الخلايا . وفى يرقات حشرة *Lucilia* من ثنائية الأجنحة تزيد مساحة الخلايا عشرين مرة بين الانسلاخين الأول والثالث



(شكل ١٩-٩) التغير فى الكثافة النووية (كنوتر لىكالف الخلية وكو حبيبات فى السجج الغلازى القصى خشرة رومبوس - يؤدى العدد وتضخم الخلايا إلى نفس الكثافة ، ويزيد انقسام الخلية من كثافتها فى هذه الحالة يوم العدد قبل الانسلاخ (عن لوك ١٩٦٤) .

٢٩-٣-٢ انفصال الجليد عن البشرة (الإنسلاخ الداخلي)

ربما كان من نتيجة تغير مظهر خلايا البشرة ، حدوث تورن أسطح هذه الخلايا يؤدي إلى انفصال الجليد عنها (شكل ١٩-١٠ ب) ومن ناحية أخرى قضى حالة حشرة *Podura* (Collembola) غشاء البلازما الخارجي لخلايا البشرة: يكون جسيمات صغيرة تندفع للخارج وتتفصل عن الخلايا في شكل فقاعات صغيرة تشبه الرغوة مما يؤدي لانفصال الجليد عن خلايا البشرة (e Nable-Nesbitt, 1963)

١٩-٣-٣ هضم الجليد الداخلي القديم

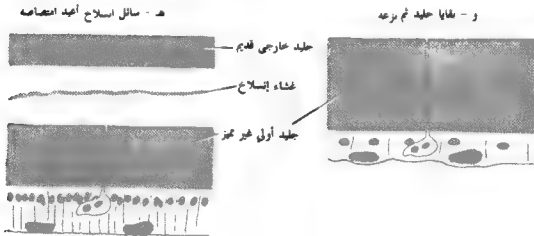
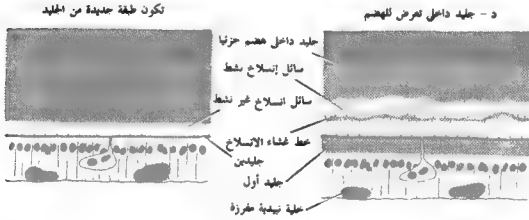
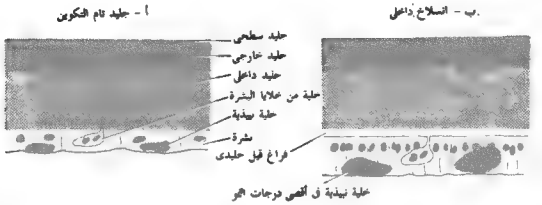
عند انفصال الجليد عن البشرة ، يفرز سائل الانسلاخ في الفراغ الناشئ بينهما . وفي حشرة *Podura* يفرز هذا السائل على شكل حبيبات من خلال الشبكة الأندوبلازمية لخلايا البشرة في نقاط معينة ثم يتسرب هذا الإفراز من الغشاء البلازما الخارجي ، تتجمع الحبيبات سالفة الذكر في مجموعات وتدخل الفراغ تحت الجليد في شكل جسيمات حبيبية . ويستمر إفراز هذه الجسيمات حتى تتكون طبقة الجليدين *Cuticulin* في الجليد الجديد . وفي حالة عذاري حشرة *Hyalophora* حرشفية الأجنحة (يكون سائل الإنسلاخ في هذا الوقت غروباً .

ويحتوي سائل الانسلاخ على إنزيمي البروتيز والكيتينيز اللذين يقومان بهضم الجليد الداخلي ، ولو أن هذين الإنزيمين لا يكونان في حالة نشطة فور إفرازهما . ويتم إفراز الجليدين أولاً ثم يليه إفراز سائل الإنسلاخ ثم يلي ذلك استئناف سائل الإنسلاخ لنشاطه (شكل ١٩ - ١٠ ج) . وهذا التابع له أهميته العظمى وإلا قام سائل الإنسلاخ بهضم طبقات الجليد الحديثة التكوين فضلاً عن الجليد القديم .

ومن المحتمل أن تكون الخلايا النبضية هي التي تقوم بإنتاج الجليدين ومن ثم ينقل إلى خلايا البشرة التي تفرزه إلى الخارج . وفي العرصور الأمريكي (دكتوتيرا) يتم إفراز طبقة من البارافين الشديد المقاومة أولاً (Dennel and Malek, 1955) بينما نجد في حشرة رود نيس أن البوليفينول يمر من خلال القنوات المسامية إلى السطح الخارجي لطبقة الجليدين . ولا تكون هذه البوليفينولات طبقة مميزة ، ولكن من المؤكد إنها تمتزج بالجليدين (Dennel and Malek, 1955) وعند البداية تكون طبقة الجليدين ناعمة ولكنها سرعان ما تزيد في مسطحها وهذا يؤدي إلى تشكيلها بأشكال ممددة مثل دعائم القصبات الهوائية . وعندما يكتمل تكون هذه الطبقة ، تبدأ خلايا البشرة وضع طبقة الجليد الداخلي أسفلها (شكل ١٩-١٠) .

والميكانيكية التي تسبب نشاط الإنزيمات في سائل الإنسلاخ غير معروفة ، ولكن في حشرة *Hyalophora* قد تكون هذه العمليات مرتبطة بالأسكلروتين ، وتؤدي هذه العمليات إلى هضم الجليد الداخلي في الجليد القديم جميعه فيما عدا طبقة رقيقة التي تتحول بطريقة ما وتتحوّل إلى غشاء الإنسلاخ (شكل ١٩-١٠ ، وانظر Locke, ١٩٦٤) ولكن لا تأثير لهذه العمليات على الجليد الخارجي أو المضلات أو المحتويات القصية للجليد القديم التي يجب أن تكون موجودة حتى تظل الحشرة قادرة على الحركة وتلقى التنبيه من البيئة المحيطة ، ولكنها

لا تلبث أن تتحطم في النهاية عند الانسلاخ الخارجي بواسطة النشاط العضلي للجشيرة . ويتم امتصاص نواتج هضم الجليد من خلايا جدار الجسم ، وبذلك يتم الاحتفاظ بأكثر من ٩٠٪ من المركبات المكونة للجليد بهذه الطريقة .



(شكل ١٩-١٠) رسم توضيحي يمل التغيرات التي تحدث لجدار الجسم أثناء دورة الإنسلاخ

وكتيجة لنشاط سائل الانسلاخ تظهر على الجليد خطوط الانسلاخ الخارجى (شكل ١٩-٦) . ويختلف موضع هذه الخطوط باختلاف الحشرات ، ولكن يوجد منها فى الجراد ما هو على شكل حرف Y على الرأس ويُسمى الخط المنشطر وخط أوسط يوجد على الصدر .

١٩-٣-٤ الفراز الشمع

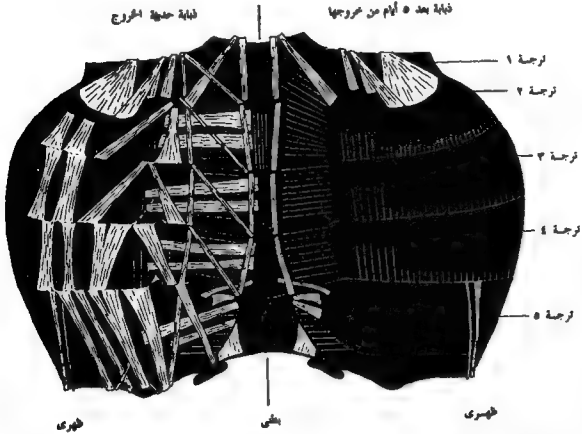
وبعد فترة قصيرة من الانسلاخ ، يفرز الشمع على سطح الجليد الجديد . وبعد ذلك بقليل يتم إنتاج طبقة من الأسمنت بواسطة غدد البشرة ترسب فوق سطح طبقة الشمع .

١٩-٣-٥ الانسلاخ الخارجى

عندما يتم إعادة إمتصاص سائل الانسلاخ ونواتج هضم الجليد القديم ، لا يبقى من الجليد القديم سوى الجليد السطحى والجليد الخارجى اللذين ينفصلان تماماً من الجليد الجديد (شكل ١٩-١٠ هـ) ويتم الانسلاخ الخارجى عادة مباشرة بعد انتهاء عمليات هضم الجليد القديم، ولكن قد يستمر وجود الجليد القديم أحياناً لفترة ما وتسمى الحشرة التى تكون موجودة بداخله عندئذ العمر القهيدى *Pharate muiar* . وينشئ الجليد القديم على طول خطوط الانسلاخ نتيجة لأنشطة العضلية للحشرة الموجودة بداخله وعادة ما تتلع الحشرة الهواء أو الماء فتنتفخ فتاتها الغذائية نتيجة لذلك مما يسبب زهادة فى ضغط الدم ، ثم عن طريق النشاط العضلى يضغط الدم إلى جزء خاص من الجسم هو الصدر عادة فينشأ ضغط على الجليد القديم تجمله ينشئ على طول خطوط الضعف . ومن المحتمل أن تكون عمليات الضغط هذه ناجمة من نشاط عضلات ضغ خاصة فتتألى فى حالة حشرة رودنيس وجد أن عضلات البطن البين حلقة تنمو قبل الانسلاخ مباشرة ، حيث يستعمل أثناء الانسلاخ فى ضغ الدم إلى الأمام وذلك عن طريق تقليص البطن ثم تتحلل هذه العضلات فيما بعد لتنمو ثانياً قبل الانسلاخ . وهناك حالة مشابهة فى حشرة الذبابة الزرقاء Blow Fly حيث تظهر عضلات خاصة فى البطن فى خلال فترة خروج الحشرة من الجليد العذرى ويتمدد الجليد الجديد ثم تتحلل هذه العضلات بعد ذلك (شكل ١٩-١١) . وتوجد عضلات مماثلة فى الحشرات حرشفية الأجنحة وفى مجموعات حشرية أخرى وتعمل هذه العضلات عند إنقباضها على تقليل حجم فراغ البطن مما يدفع بالدم إلى الأمام .

والحشرات سيكلورهما (من ثنائية الأجنحة) تمضيل خاص يُسمى المثانة الجبية *Ptilinum* وهى عبارة عن محفظة لها القدرة على الانقلاب موجودة فى جبهة الرأس تساعد الحشرة على الخروج من الجلد العذرى . ولهذا المحفظة المقدرة على التمدد فى حالة الحشرات الحديثة الخروج يدفع الدم إلى الرأس من الصدر ثم يدفع ثانياً إلى الخلف جهة الصدر بفعل العضلات . ويؤدى ضغط المثانة الجبية إلى انشقاق الجليد العذرى عند قمة الرأس حيث يدفع هذا الجليد بعد ذلك فى التربة ، وتستعمل المثانة الجبية كذلك فى حفر التربة حتى تستطيع الحشرة إيجاد مخرج لها إلى السطح . وطالما تصلب جسم الحشرة بعد ذلك فإن المثانة الجبية تفقد قدرتها على الانقلاب وتتحلل الفضلات المتصلة بها . ويمكن الاستدلال على مكانها فى الذبابة اليافضة بالدرز الجبى الثانى . بعد انشقاق الجليد القديم تسحب الحشرة نفسها منه وعادة ما تبدأ بالرأس والصدر ويتبعها البطن والأطراف . وكثير من الحشرات تعلق أنفسها فى دعامة حتى يكون لها القدرة على الخروج من الجليد القديم بقوة التشبث، ويتم نزع جميع الأجزاء الجليدية

بما فيما الدعامات القصية وجليد كل من المعى الأمامى والمعى الخلفى والميكل الجمجمى الداخلى وبطانات القصيات الهوائية فيما عدا الأجزاء الرهيفة منها، والتي يمكن أن تتمزق، ويطلق على الجليد القديم حينئذ جلد الإنسلاخ .



(شكل ١٩-١٩) الصنديل البطني في ذئبة اللحم الحديثة الخروج (إلى اليسار) ، وفي ذئبة أخرى بعد ٥ أيام من خروجها (إلى اليمين) . نزلت حلقات البطن على طول الخط الأوسط الظهري ، لتصبح مسطحة ومربعة من الداخل (من Cotterell ١٩٦٢-١) .

وبعد الخروج مباشرة يستمر الجليد الجديد في التمدد ، حيث يكون رخواً ولا يوفر للحشرة إلا دعامة بسيطة ، ومن المحتمل أن يعمل الدم عندئذ كهيكل دعائى ، حيث يكون ضغطه مازال مرتفعاً ، وبشكل في هذه الحالة ٣٠٪ من وزن الجسم ، كما هو الحال في حشرة Calliphora . وبعد تمدد الجليد الجديد ينخفض ضغط الدم حتى يصبح ١٠٪ من وزن الجسم . وقد تكون بعض أجزاء هيكل الجسم صلبة حتى قبل الإنسلاخ . وعادة ما تكون هذه الأجزاء محصورة في الغالب التي تستخدمها الحشرة في التعلق والتشبث .

١٩-٣-٦ تمدد الجليد الجديد

بعد التخلص الحشرة من الجليد القديم الدبابة تقوم فوراً بمط ، الجليد الجديد قبل أن يتصلب وهذا يتطلب إعادة ابتلاعها للماء أو الهواء . ففي حالة ذبابة Blow Fly يضخ الهواء في الأمعاء بواسطة العضلات البلعومية ، مما يؤدي إلى زيادة ضغط الدم زيادة ثابتة ، وفي نفس الوقت تؤدي الانقباضات المتتالية في البطن والعضلات المثانية الجبية إلى حدوث زيادات نابضة في ضغط الدم . وتبعاً لذلك ، فإن الدم يندفع إلى الأجنحة ، ويؤدي إلى فردها ، في نفس الوقت لا يتسبب ضغط الدم المرتفع في تمدد المناطق الغشائية الموجودة بين الصليبات ، لأن هذه الصليبات ترتبط بشدة بواسطة العضلات ونتيجة لذلك ، فإن هذه الصليبات تتعرض لقوة ضغط من داخل الجسم وبذلك تتمدد في حدود ٣٠٪ . وبمجرد أن يبدأ تدييح الجليد ، فإنه يستحيل بعدئذ إحداث أى تمدد في الجليد .

وفي حالة الحشرات حرشفية الأجنحة يتم تمديد الجليد بطريقة مشابهة ، ولكن بلع الهواء لزيادة ضغط الدم يكون أقل أهمية .

وتتوقف درجة تمديد الجليد بعد خروج الحشرة على درجة الحرارة الكائنة في ذلك الوقت ، ففي بعوضة الأيديد يزيد طول الأجنحة زيادة طفيفة في الحشرات التي تخرج تحت درجات حرارة منخفضة عنها في حالة درجات الحرارة المرتفعة . وربما يرجع ذلك إلى أن تدييح الجليد يكون بطيئاً في حالة درجات الحرارة المنخفضة ، مما يعطى الأجنحة فترة أطول لتمدد فيها (Vanden Heuvel, 1963)

الفصل العشرون

الجهاز القصبي والتفسي في الحشرات الأرضية

THE TRACHEAL SYSTEM AND RESPIRATION IN TERRESTRIAL INSECTS

يتم تبادل الغازات في الحشرات من خلال تنظيم من الأنابيب الداخلية في القصبات الهوائية والتي تمتد فروعها الدقيقة إلى جميع أجزاء الجسموريا تتخلل خلالها الألياف العضلية وعليه فإنه يتم نقل الأكسجين مباشرة إلى أماكن استعماله دون أن يكون للدّم أى وظيفة في نقل الغازات . وتفتح القصبات الهوائية إلى الخارج بواسطة ثقبوب حلقيية هي الثغور والتي عادة ما يكون لها آلية للإغلاق تحمل فقد الماء من أسطح الجهاز التنفسي في حدوده الدنيا . وطبقاً لذلك فإن الثغور تفتح في وجود أقل قدر من الأكسجين بالخارج أو لأقصى تركيز من غاز ثنائي أكسيد الكربون داخل الأنسجة، ولإنتشار الغازات الطبيعي يفي بحاجة أنسجة الحشرة في حالة الراحة، ولكن في حالة الحشرات الضخمة أو أثناء النشاط فإن متطلبات الحشرة من الأكسجين تكون أعظم وللوفاء بهذه المتطلبات تلجأ الحشرة إلى ضخ الهواء لدخل أو لخارج الجهاز القصبي بواسطة تمديد الأكياس الهوائية أو الأجزاء المتسعة من القصبات الهوائية والتي يمكن تغيير سعتها عن طريق تغير حركات الجسم وهذه الحركات تقع تحت سيطرة الجهاز العصبي المركزي .

وفي بعض الحشرات التي لا تحتاج إلا إلى القليل من الأكسجين يتم فتح الثغور بطريقة تسمح بدخول الأكسجين، ولكنها تمنع خروج الماء وثنائي أكسيد الكربون إلا في صورة طلاقات وفي أوقات معينة، ويعتبر هذا كآلية للحفاظ على الماء. وفي بعض الحشرات التي تعيش في بيئات رطبة، وحيث لا يعتبر حفظ الماء مشكلة لها أهميتها ويتم تبادل الغازات عن طريق الجلد .

٢٠-١ الجهاز القصبي The tracheal system

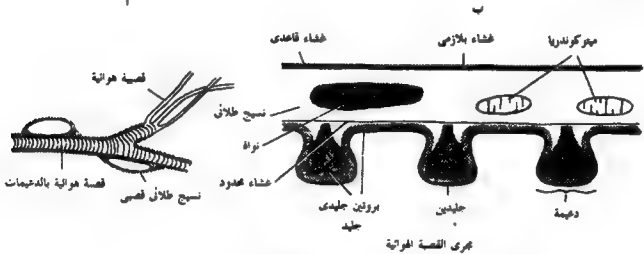
٢٠-١-١ القصبات الهوائية

القصبات الهوائية هي أضخم الأنابيب المكونة للجهاز القصبي وهي تمتد من الثغور إلى الداخل وعادة ما تتفرع إلى فروع تدق فادق، حتى ليصل قطرها إلى ٢ ميكرون . وتنشأ القصبات الهوائية من انقسامات الجلد الخارجى

ولهذا فإنها مبطنة بدعامة جليدية هي امتداد لبقايا الجليد (شكل ٢٠-١) . ويمتد بداخل كل أنبوبة تغليظ من البطانة على هيئة تغليظ لولبي وكل حلقة من هذا اللولب تسمى دعيمة *tuenidium* وتتمتع الدعيمات انطباق القصبات الهوائية عند تعرضها لضغط ما . وتتركب البطانة من طبقة الجليدين التي من المحتمل أن يكون مغلفي بالشمع من جهة فراغ الأنبوبة وبطبقة من البروتين/ جليدين من جهته الخارجية .

وخيطات هذه الطبقة تكون موجهة بإحكام شديد يجعل الدعيمات تمتد حول القصبة الهوائية وتتمنع انطباقها بينما تكون الدعيمات فيما بينها متوازية مع المحور الطولي للقصبة الهوائية وهي بهذا لها فائدة في منع التوتر الزائد للقصبة

(Locke 1964)



(شكل ٢٠-١ أ) جزء صغير من الجهاز القضي ترى فيه القصبات الهوائية وانطیقات الدعامة والقصبات الهوائية (عن ويهلستوث ١٩٥٤)
 ب - قطاع طولي في جدار قصة هوائية . يرى فراغ الجسم إلى أعلى . ويجري القصبة إلى أسفل .

٢-١-٢٠ الأكياس الهوائية

في بعض الأماكن تتعدد القصبات الهوائية لتكون أكياساً هوائية رقيقة الجدر (٢٠-٧) حيث تختفي الدعيمات أو تكون ضعيفة التكوين وأحياناً تكون غير منتظمة وتبعاً لذلك فإن الأكياس الهوائية تكون معرضة للانطباق تحت أى ضغط وبذلك تلعب دوراً في غاية الأهمية في تبوية الجهاز القضي وهذا عدا وظائف أخرى سيأتى ذكرها فيما بعد .

٢-١-٢١ القصبات الهوائية

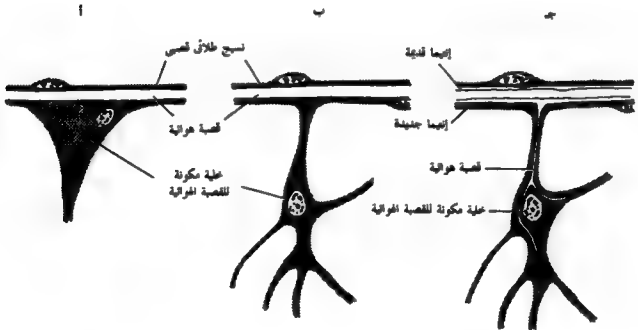
تفرغ القصبات الهوائية إلى فروع أدق وذلك على مدى طولها وفي نقاط منها وخصوصاً عند نهاياتها وليست هناك فروقاً جذرية بين القصبات والقصبيات إلا أن الأخيرة دائماً ما تتداخل مع الخلايا كما تحتفظ ببطانتها الجليدية أثناء الإنسلاخ بخلاف القصبات الهوائية . ويبلغ قطر القصبيات الهوائية نحواً ميكرون وتضيق في نهايتها حتى تصل إلى نحو ١ ميكرون وتدخل نهاياتها في خلايا تسمى خلايا نهاية القصبيات (شكل ٢٠-٢) . ويبلغ سمك بطانة

القصبية نحو ١٦ إلى ٢٠ ملليمكرون، وتنتهي بحواف دعامية، ولكنها ليست شبيهة بدعيمات القصبية الهوائية فهذه الحواف الدعامية ليس لها قواعد من الكيتين/ بروتين وترتكز بطاقتن القصبية على غشاء قد يكون غائراً حتى ليصل إلى الغشاء البلازمي، وإلى الخارج منه يوجد السيترولازم والغشاء البلازمي الخاص بالخلايا المكونة للقصبية .

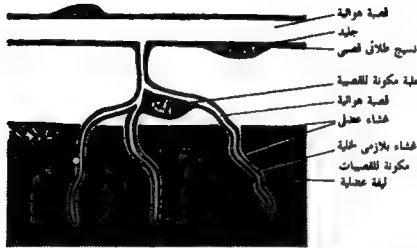
. وترتبط القصبية ارتباطاً وثيقاً بالأنسجة واللويغات العضلية حتى إنها لتصل إلى الغشاء البلازمي للعضلات وتخترق بعمق حتى تصل إلى الليفة (شكل ٢٠-٣)، ولكن المرجح أنها لا يمكن أن تتخلل أبداً خلايا الألياف العضلية تحللاً حقيقياً والأطراف النهائية للقصبية تكون مسدودة (غير مفتوحة) أو قد تتشابك مع بعضها البعض .

وبالعودة إلى الخنافس يتضح أن الجليد العلوى للبطن تحميه الأعماد حيث إنه رقيق للغاية، ولكن الجليد المغطى للسطح السفلى للبطن والمعرض للصدمات والإحتكاك بالمهاد يكون في غاية السمك، وتحمي البطانة الجليدية للمعى الخلفى والنسيج الطلائى بهذا المعى من الاحتكاك بالطعام، بينما تفيد طبقة الشمع فائدة عظيمة في تقليل فقد الماء عن طريق الجسم .

وفي النهاية فإن هناك أجزاء من الجليد قد تحولت لتكون أعضاء للحس، والتركيب الطيبى للجليد له أحياناً أهميته في إنتاج اللون .



(شكل ٢٠-٧) أ - خلية مكونة للقصبة تحت من خلية قصبة طلائية - ب - قصبة تحت من خلية مكونة للقصبات وتصل بقصبة هوائية أثناء الإمتلاء .



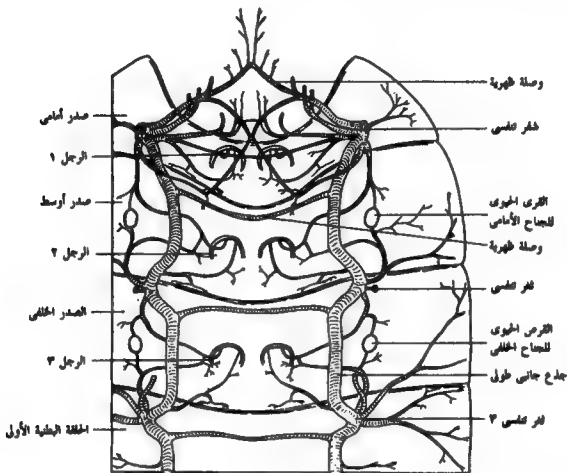
(شكل ٢٠-٣) رسم توضيحي للقصبات المسيرة لغشاء لفافة قصبة لتصبح في الجهاز مدخمة في خلايا القصبة .

٢٠-١-٤ توزيع الجهاز القصبي

يبدأ الجهاز القصبي خارجياً من الثغور ، وفي كثير من الحشرات عديدة الأجنحة وغيرها من ليرماتدي Lepismatidae تمتد قصبة هوائية من كل ثغر تنفسي متفرع إلى مجموعة من الفروع لا ترتبط ببعضها وفي غالبية الحشرات تشكل القصبات الهوائية التي تمتد من الثغور المتجاورة جنوفاً طولية تسير بطول الجسم (شكل ٢٠-٤) . وعادة ما يوجد جزع جانبي على كل جانب من جانبي الجسم وهذان الجذعان هما في الغالب من أضخم القصبات الهوائية ولربما وجد أيضاً جنوع طولية ظهرية وبطنية (شكل ٢٠-٥) . وترتبط القصبات الجانبية الموجودة على كلا جانبي الجسم مع بعضها بواسطة وصلات عرضية بينها تمتد الفروع الأصفر لتصل إلى الأنسجة المختلفة، ثم تنفرع إلى فروع أصفر فأصفر لتكون القصبات الهوائية التي تتصل بالخللايا .

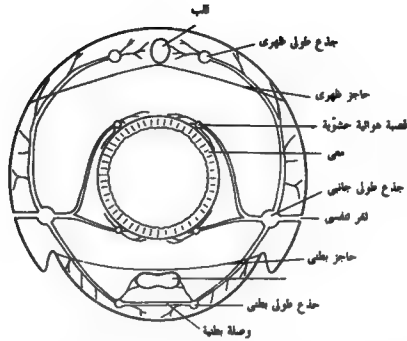
ويختلف تنظيم الجهاز القصبي في الحشرات المختلفة، ولكن بصفة عامة فإن الفروع القصبية التي تمتد إلى القلب والعضلات الظهرية تكون متفرعة من الجنوع الظهرية وتأتي الفروع التي تغذي كل من القناة الغذائية والغدد والأرجل والأجنحة من الجنوع الجانبية وتلك التي تغذي الجهاز العصبي المركزي من الجنوع البطنية أو الوصلات العرضية وتستمد الرأس الهواء من الثغر (١) من خلال فرعين رئيسين قصبيين على كل جانب يتصلان بقرون الإستشعار والأعين والمخ، وتغذي أجزاء الفم وعضلاته من فرع بطني، وفي الجراد الصحراوي على الأقل ينزل الجهاز القصبي في الرأس إلى حد كبير عن الجهاز القصبي مع باقي أجزاء الجسم بواسطة ثقب صغير مكون من تشابك بعض الأنياب وإنطبق بعضها الآخر (شكل ٢٠-٦) ، وذلك يؤمن إمداد المخ وأعضاء الحس الأساسية باحتياجاتها من الهواء مباشرة، وحيث إن الجذع التنفسي الواصل للرأس يغذي أيضاً العقد العصبية الصدرية، فإن الأخيرة تحصل على إمداد وفر من الهواء كذلك والجهاز القصبي في الصدر الجناحي للجراد الصحراوي معزول بنفس الطريقة (شكل ٢٠-٧) ، وبالإضافة إلى ذلك، فإن الجهاز القصبي في كل جانب من هذا الصدر معزول عن

جهاز الجانب الآخر ، وهذا يضمن إمداد العضلات بفيض جيد من الهواء أثناء الطيران بل هو كذلك يمنع ثالي أكسيد الكربون الناتج من النشاط العضلي من أن يتوزع توزيعاً عاماً خلال الجسم ويحول دون إفتقار الأنسجة الأخرى للأكسجين إذا ما استهلكت العضلات منه قدراً كبيراً .

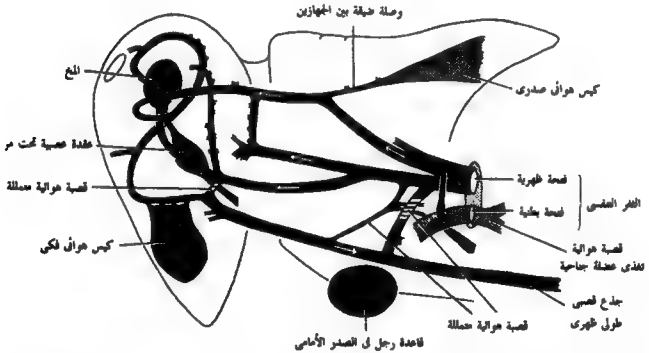


(شكل ٢٠-٦) تخطيط الصدر والحلقة البطنية الأولى لشعر هيري (من سودجراس ١٩٣٥)

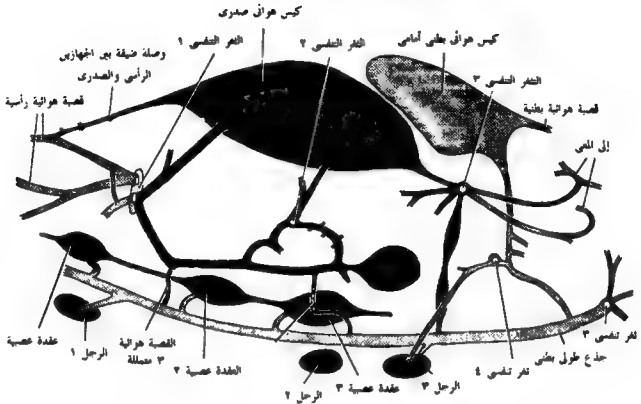
والقصبيات الهوائية التي تغذي عضلات الطيران تتنظم في نظام واحد في سائر الحشرات الضخمة . فكل عضلة تغذى بصفة رئيسية من جذع قصبي كبير أو من كيس هوائي يسير بمحاذاة أو إلى داخل العضلة فإذا كان مصدر التغذية الرئيسي هو قصبة هوائية فإنها تتسع إلى كيس هوائي أسفل العضلة (شكل ٢٠-٨) ومن المصدر الرئيسي تنشأ فروع قصبية صغيرة على مسافات منتظمة ويزوايا قائمة وتسير في العضلة وتلك هي التي يتشكل منها المصدر الثانوي للتغذية بالمهاو وعادة ما تكون بيضبة تقريبية وتسمح بقدر من المرونة وتستدق بانتظام حتى نهايتها الطرفية . وتتفرع من هذه الفروع فروع أصغر فأصغر داخل العضلات وفي حالة العراشات تسير الفروع القصبية الطرفية بمحاذاة الألياف العضلية وفيما بينها ولكن في حالة عضلات الطيران ذوات اللويحات العضلية المتكاثفة فإن هذه



(شكل ٢٠-٥) رسم توضيحي لقطاع عرضي في البطن لإحدى مفصليات الأرجل يرى فيه القصبة الهوائية الرئيسية والجذوع الرئيسية (عن سنودجراس ١٩٣٥)



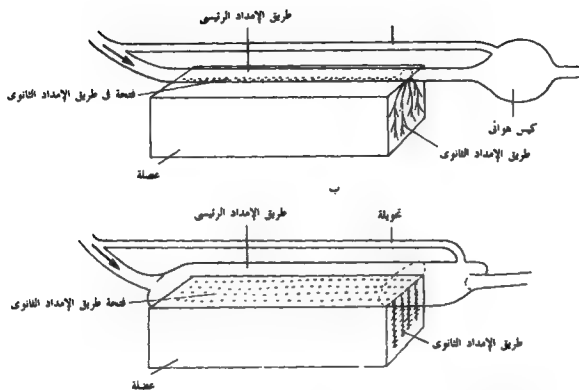
(شكل ٢٠-٦) رسم توضيحي للقصبة الهوائية الرئيسية في رأس الجراد الصحراوي تشير الأسهم إلى الاتجاه الحاصل لتيار الهواء الناتج عن الشهيق البطنية (عن ملز ١٩٦٠).



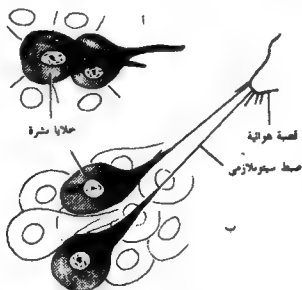
شكل (٢٠-٧) رسم توضيحي للجهاز القصبي في الصدر الجانبي للجراد الصحراوي (عن ملز ١٩٦٠ ح)

القصبيات تحاذي الأغشية اليقية وتعمل من داخلها (شكل ٢٠-٣) وإلى حد ما تدل وفرة القصبيات افوائية وتشعبها على مدى حاجة الأنسجة المختلفة للأكسجين. وبمجرد حدوث تلف في البشرة تقوم خلايا البشرة بإنتاج خيوط سيتولازمية في انحاء أقرب قصبه هوائية وتلتصق بها التصاقاً دقيقاً وقد يصل طول هذه الخيوط إلى نحو ١٥٠ ميكرونًا، ثم تنقبض هذه الخيوط وتجذب هذه القصبيه إلى المكان انذى يحتاج إلى الأكسجين (شكل ٢٠-٩) . وربما ينشأ التوزيع الطبيعي للقصبيات في البشرة بطريقة مماثلة .

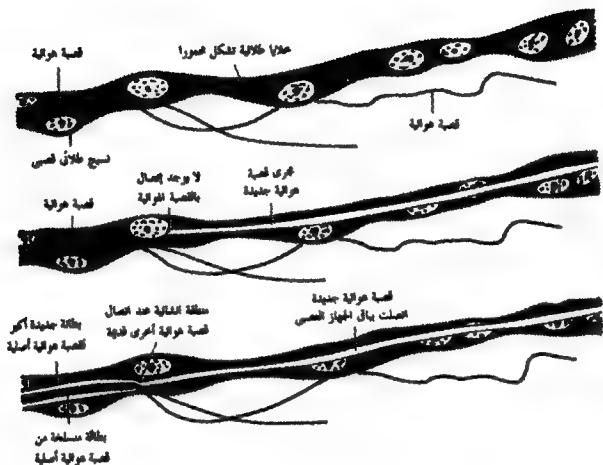
ويعتد تغير رئيسي في نظام التقصيب عند الإنسلاخ هو على سبيل المثال فإن الكثافة النسبية للقصبيات افوائية و مبايض الجراد الصحراوي تزيد ١٨ مرة عند الإنسلاخ قبل الآخر، ثم قدر ذلك ١٦ مرة عند الإنسلاخ الأخير . وتنقص هذه الكثافة النسبية فيما بين الإنسلاخات بسبب استمرار المبيض و نمو مثل هذه التعمرات تحدث كذلك في الخصي والغدد الذكرية بالإضافة . وهكذا عندما ينمو نسيج في طور ما فإن هذا النسيج يشتر بنفسه و عائد الأكسجين الذي يصل إليه مما ينبه القصبيات إلى الانقسام غير المباشر حتى يتم تكوين قصبيات افوائية من هذه الخلايا عند الإنسلاخ الجديد. وتنشأ القصبيات الجديدة كموات جديدة طرفية في الغالب من أعمدة من الخلايا المكونة للنسيج الطلاقي القصبي الموجود (شكل ٢٠-١٠) . وتنمو أعمدة الخلايا هذه ويتكون فراغ أنوفى مبطناً بالجليد، ويتم توصيله بالجهاز القصبي الموجود عند حدوث الإنسلاخ القادم .



شكل ٢٠ (أ) رسم توضيحي للإمداد القضي لشعرات الطير (ب) يدو الإمداد الرئيسي (أ) قصبة هوائية (ب) كيس هوائي تشير الأسهم إلى تيار الهواء الداخل (مور عن جلرورت ١٩٩٤)



شكل ٢٠ (أ) حليان من خلايا البشرة ترسلان زوائد في اتجاه قصبة هوائية (ب) حيوط سيتولازمية من خلايا البشرة تتصل بقصبة هوائية وتسحبها في اتجاه الخلايا (ع عن جلرورت ١٩٥٩ ح)



(شكل ٢٠-١٠) رسم توضيحي يوضح جزء بسيط من الجهاز القصي عن وحفوفات ١٩٥٤) .

٢-٢٠ التنفوس التنفسية Spiracles

التنفوس هي الفتحات الخارجية للجهاز القصي وهي جانبية الوضع ، وتوجد عادة في منطقة البلورالولا يمكن أن يوجد فيها سوى زوج واحد في الحلقة الواحدة من حلقات الجسم ، فيما عدا حشرة (Diptera) حيث يوجد زوجان من التنفوس في منطقة الصدر الخلفي . وفي العادة يوجد كل ثغر نفسي في صحيفة متميزة هي الصفحة الثغرية

Peritreme

١-٢-٢٠ عددها وتوزيعها

يتنظم العدد الأكبر من التنفوس في غالبية الحشرات في عشرة أزواج فيما عدا بعض من حشرات ديبلورا (Diptera) ، زوجان منها صدرية وثمانية أزواج بطنية ، وقد يصنف الجهاز القصي على أساس عدد وتوزيع التنفوس التنفسية العاملة ، وقد صنفه Keilin 1944 كما يلي :

عديد الثغور *Polypneustic* :- ويحتوى على ٨ من الثغور العاملة على الأكل على كل جانب من جانبي الجسم :
كاما ، الثغور *Holopneustic* :- ١٠ ثغور تنفسية من كل جانب وهي : ١ في الصدر الأوسط ، ١ في الصدر
الخلفي ، ٨ بطنية كما في يرقات *Bibionidae* .

محيطي الثغور *Peripneustic* :- ٩ ثغور في كل جانب : ١ في الصدر الأوسط ، ٨ بطنية كما في يرقات

Cecidomyid larvae

ناقص الثغور *Hemipneustic* :- ٨ ثغور في كل جانب : ١ في الصدر الأوسط ، ٧ بطنية كما في يرقات
Mycetophilidae .

قليل الثغور *Gigapneustic* :- ١ أو ٢ من الثغور العاملة على كل جانب

طرق الثغور *Amphipneustic* :- ٢ ثغر تنفسى على كل جانب : ١ في الصدر الأوسط ، ١ بعد بطنى كما هو
الحال في يرقات *Psychodidae* .

خطفي الثغور *Metapneustic* ثغر واحد في كل جانب وهو بعد بطنى كما في يرقات *Culicidae*

أمامي الثغور *Ptopneustic* ثغر واحد في كل جانب ويوجد في الصدر الأوسط كما في عذارى الحشرات ثنائية
الأجنحة .

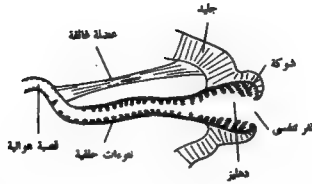
مغلق الثغور *Apoantheic* ليس به ثغور عامة كما في يرقات الماموش

والثغور المغلقة لا تدل على عدم وجود جهاز قصبي في الحشرة ، ولكنه يشير إلى إن القصبات الهوائية لا تفتح
خارج الجسم . وفي العديد من الحشرات يوجد الثغر الأول على الصدر الأمامي، ولكنه ذو أصل صدر أوسطى
(Hintom, 1966a) . وإذا وجد أقل من عشرة ثغور تنفسية عاملة، فإن الأخرى تكون في الأغلب قد اندثرت . ومثل
هذه الثغور غمر العاملة تفتح في وقت الانسلاخ وتسمح بالانسلاخ البطانة .

وبعض من حشرات دهبورا مثل حشرة *Jopyx* لها ١١ زوجاً من الثغور منها أربعة أزواج في منطقة الصدر ، بينما
في حشرات *Siminthurids* لا يوجد سوى زوج واحد من الثغور بين الرأس والصدر الأمامي ، ومنها تمتد القصبات
الهوائية إلى جميع أجزاء الجسم .

٢-٢-٢٠ التركيب

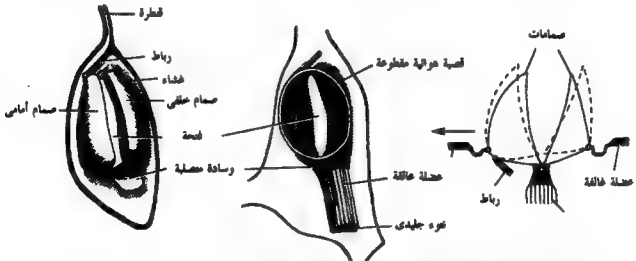
الثغر في أبسط صورة (كما في الحشرات عديمة الأجنحة) عبارة عن فتحة خارجية في قصبة هوائية ولكن هذه
الفتحة المربعة تقود عادة إلى تجويف يسمى الدهليز *atrium* ومنه تمتد القصبة الهوائية وعلى ذلك يطلق على كل من الثغر
والدهليز معاً ثغراً . وعادة ما تبطن جدران الدهليز بشعيرات ترشيح التراب . وفي بعض من حشرات ثنائية وغمدية
وحرشفية الأجنحة يغطي الثغر بواسطة صحيفة مثقبة يوجد بها عدد ضخم من الثقوب الصغيرة يصل أبعادها في
العمر الخامس ليرقات دودة القز إلى نحو ٦ × ٣ ميكروباً . وهذه الصفائح المثقبة تفيد أيضاً في منع دخول التراب إلى
الجهاز القصبي ، أما في الحشرات المائية ، فإنها تمنع دخول الماء إليه .



(شكل ٢٠-١١) قطاع طولى في قعر تنقيس في قملة Hæmatopinus توضح الأكلال والأهداب المانعة لدخول الهواء .

والثغور في معظم الحشرات الأرضية لها آلية إقفال خاصة لها أهميتها في التحكم في فقد الماء من الجسم . وقد تكون آلية الإقفال مكونة من صمام متحرك أو اثنين توجد على الفتحة الثغرية نفسها أو بداخلها ، بحيث تغلق ما بين الدهاليز والقصبية الهوائية عندما تنقلص هذه الصمامات .

وتوجد الفتحة الثغرية الثانية في النطاطات في الغشاء الموجود بين الصدرين الأوسط والخلفى ويتحكم في إغلاق هذه الفتحة صمامات نصف دائرية متحركة غير متصلة فيما عد مشبكها ، وتتضخم عند قاعدتها لتشكل وسادة تنضمر فيها عند جذب هذه العضلة للصمامات إلى أسفل تسبب في دورانها وبذلك تغلق . وتفتح الفتحة الثغرية طبيعياً نتيجة لمرونة الجليد المحيط بهما ولكنها تفتح أكثر عند الطيران نتيجة للنباض الطفيف الذى يحدث بين كل من الجزء الخلفى لأسترنة الصدر الأوسط والجزء الأمامى من أسترنة الصدر الخلفى . وهاتان الصليتان اللتان تحيطان بالثغر تتصلان ببعضهما طبيعياً بواسطة قطرة مرنة ، ولكن عند انقباض عضلات الصفحة السفلية والصفحة

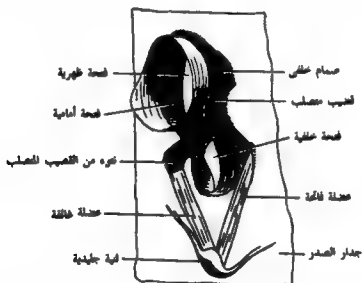


(شكل ٢٠-١٢) النخلة الثغرية الثانية في الجراد (أ) منظر خارجي ، (ب) منظر داخلي . (ج) رسم توضيحي لقطاع عرضي يوضح كيف إن حركة الجزء المشافي للصدر الأوسط تزدى إلى انفتاح الصمامات انفتاحاً واسعاً

القاعدية في الجناح فإن الصليبتين تتباعداً عن بعضهما ويم نقل هذه الحركة بشدة إلى الثغر من خلال الرباط الذي يصل بين الجزء الأمامي لأسترنة الصدر الخلفي وبين الصمام الخلفي وهذا الفعل يؤدي إلى اتساع انفتاح الثغر (شكل ٢٠-١٢)

وهذا النموذج . ذو العضلة الواحدة من الثغور يوجد دائماً في الصدر ولكن في حالة الحشرات مستقيمة الأجنية فإن الثغر الأول يكون مزوداً بعضلات فاتحة وأخرى غالققة ويوجد هذا الثغر على الغشاء الموجود بين الصدرين الأمامي والأوسط ويتركب من صمام أمامي ثابت وصمام خلفي متحرك . وعادة ما يكون بهذا الثغر فتحتان تؤديان مباشرة إلى الفتحة الخارجية ويمتد قضيب متصلب بطول الحافة الحرة للصمام الخلفي ماراً بين الفتحتين ثم يمتد بعدئذ ليحيط بالفتحة البطنية (شكل ٢٠-١٣) . وترتبط العضلة الغالققة عند بدايتها بزائدة جلدية توجد أسفل الثغر ، ثم ترتبط نهايتها ببروز من القضيب المتصلب ، أما العضلة الفاتحة فتتربط ببدايتها بزائدة جلدية ثم تتصل نهايتها بالحافة الخلفية للصمام الخلفي . وعندما تكون الحشرة في حالة الراحة فإن العضلة الغالققة لا تسمح بانفصاح الثغر إلا بنسبة ٢٠ - ٣٠٪ من كامل اتساعه. وهذا الانفتاح يعود في الواقع إلى مرونة الجليد ولا تلعب العضلة الفاتحة أى دور .

ونتيجة لحركة التبوهة البطنية العميقة ، تنقلص العضلة الفاتحة مما ينسبب لي فتح الثغر بكامل اتساعه (ميلر ١٩٦٠ ب -)

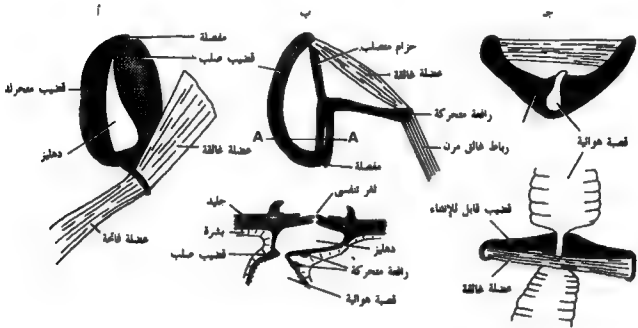


شكل (٢٠-١٣) الثغر الصدري الأول في الجراد . سطر داخل (معدل عن ستود جرمس ١٩٣٥ وميلر ١٩٦٠ - ب)

ويعتمد غلق الثغور البطنية على طريقة من طرق الإنقباض فعادة ما يكون الدهليز محصوراً بين قضيبين متصلبين ، أو واقع في منتصف ذراع واحد كنتيجة لانقباض العضلة . وقد يشترك في فتح الثغر عضلة (شكل ٢٠-١٤) أو رباط مرن (شكل ٢٠-١٤ ب) أو تفتح بفعل مرونة الجليد (شكل ٢٠-١٤ ج) وفي الأحوال الأخرى ينحني الدهليز أو القصبه الهوائية فيسد مجرى القصبه .

٢٠-٢-٣ التحكم في فتح الثفر

تفتح الثغور طبيعياً لفترة وجيزة تكفى للقيام بالتنفس المطلوب وذلك لكي يكون فقد ماء الجسم في حدوده الدنيا ، ويتم إقفال الثغر نتيجة لإنتفاض العضلة الغالقة ، بينما يفتح الثغر عادة من جراء مرونة الجليد المحيط به عندما تكون العضلة الغالقة في حالة استرخاء . ويتحكم الجهاز العصبي المركزى في العضلة الغالقة ، ولكن قد تشارك المنبهات الكيماوية البيئية للجهاز العصبي المركزى في عملية التحكم في هذه العضلة وتنشأ الأعصاب المحركة لعضلات الثغر من العقد العصبية الموجودة في نفس الحلقة المجاورة لها مباشرة وتمر المحاور العصبية بمحاذاة العصب الأوسط ثم تتشعب بعدئذ مرسله فرعاً لكل جانب وذلك لكي يتسنى لكل من الثغرين أن يستقبلا نفس الومضات المحركة في كثير من الحشرات . يمر عصب حسى من كل ثغر إلى العقد العصبية للحلقة التالية .



شكل (٢٠-٢٠) نظم آلية داخلية غالقة للثفر

- (أ) لفر تنفسى بطى في حشرة (Orthoptera) Diasterea (من ستود جراس ، ١٩٣٥) .
 (ب) لفر تنفسى لى برفة حشرية الأجنحة ، الثفر الطوى داخل . قطاع أفقى لى أ إلى أسفل (من إيز ، ١٩٥٧) .
 (ج) آلية الانقباض لى قبة هوائية لبرهوت ، قطاع عرضى لى الآلة إلى أعلى ومنظر ظهرى إلى أسفل (من وجنوزوس ، ١٩٦٥) .

وتنقبض العضلة الغالقة إذا ما تلتقت أيضاً من الومضات من الجهاز العصبي المركزى ولكن الومضات المترددة والتي تتحد درجة الانقباض ربما كانت راجعة لفعل عدة عوامل تؤثر على الجهاز العصبي المركزى . وللمستوى العالى من ثانى أكسيد الكربون والمستوى المنخفض للأكسجين فى الأنسجة أهمية خاصة . وقد تنشأ مثل هذه الحالة نتيجة لإنتاج ثانى أكسيد الكربون واستهلاك الأكسجين فى التنفس، بينما تكون الثغور مغلقة وكلتا الحالتان تؤديان إلى نقص فى الومضات المترددة ومن ثم يفتح الثغر . ومن المحتمل أن يكون ذلك راجعاً إلى تنبيه لعصب داخل

يشط العصب القاتح للنفور وفي حالة النفور ذات العضلين يزداد الوميض الترددي للعضلة الفاتحة بزيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون وقلة الأكسجين .

وتأثر الومضات الترددية المحركة للعضلة الفاتحة كذلك بميزان الماء في جسم الحشرة فهو من المحتمل أنها تؤثر من خلال تركيز أيون معين . وإذا ما شرحت الحشرة ترتفع وتزيد الومضات الترددية وتظل النفور مغلقة لمدة أطول ، وبزيادة فقد الماء من جسم الحشرة تتأكد هذه الحالة إذ تظل النفور مغلقة .

أما النفور ذات العضلتين، فإنها لا تتأثر بالتنبيهات المحيطة بهدويم التحكم فيها تماماً عن طريق الجهاز العصبي المركزي .

٢٠-٣ انسلاخ الجهاز القصي Moulting the tracheal system

تنزع البطانة الجلدية للقصبات الهوائية عند كل انسلاخ ويتم تكوين بطانة جديدة أكبر لتحل محلها . وتشق الجذوع الطولية في نقاط محددة، وكذلك تنفصل البطانة الموجودة في نقاط الاتصال بين النفور المتجاورة، ثم تسحب هذه البطائن من خلال النفور ويتخلص منها مع باقي الجلد المنسلخ، ويكون الجلد الجديد المبطن للقصبات الهوائية ناعماً في البداية، ولكنه يكون أكثر قليلاً من سابقه ، وتبعاً لذلك فإن قطره يتسع ويصبح عندئذ في شكل ثنيات يترسب فيها المزيد من المادة الجلدية ليكون البطانة اللولبية .

٢٠-٤ تبادل الغازات Gaseous exchange

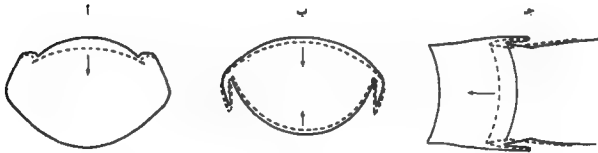
يمر الأكسجين من النفور التنفسية إلى الجهاز القصي، ومن ثم يصل إلى الأنسجة، ولا بد من وصوله بعدئذ إلى الميتوكوندريا (الجسيمات السبحية) حتى يقوم بدوره في عمليات الأكسدة . ويمر ثاني أكسيد الكربون عكس المسار السابق . وتوجد عمليتان واضحتان في ظاهرة تبادل الغازات إحداهما يتم من خلال الجهاز القصي، وتسمى الانتشار الأنبوبي للهواء . والأخرى من خلال الأنسجة في محلول السيترولازم، وتسمى الانتشار النسيجي (Weis-Fogh 1946)

ويتوقف انتشار الأكسجين القادم من النفور على الضغط الجزئي داخل القصبات الهوائية والذي ينبغي أن يكون أقل منه في الهواء الخارجي وهذا ما يسهل انتشار الأكسجين داخل الأنسجة عند استعماله . ومثل هذا الفرق في الضغط كاف أيضاً لإمدادات الأكسجين التي تدخل بالانتشار فقط إلى عضلات الطيران في الحشرات الصغيرة مثل الدروسوفلا (ثنائية الأجنحة) ولكن في الحشرات الأكبر لا يكفي الانتشار وحده للوفاء بالاحتياجات المرتفعة للأنسجة النشطة . ويسبب القابلية الشديدة لغاز ثاني أكسيد الكربون للذوبان فإن سرعة نفاذ هذا الغاز في الأنسجة تعادل ٣٦ مرة قدر نفاذية الأكسجين ورغم أن ارتفاع الوزن الجزيئي لثاني أكسيد الكربون فإنه يمر أسرع من الأكسجين من خلال الأنسجة، وكما ذكرنا فإن ثاني أكسيد الكربون أكثر قابلية للذوبان وعليه، فهو يوجد بتركيزات أكبر من تركيزات الأكسجين داخل الأنسجة . كذا فإن بعضاً من ثاني أكسيد

الكربون بدلاً من أن يمر مباشرة خلال الجهاز القصبي، فإنه ينتشر للخارج من خلال الأنسجة، ويدخل القصبيات الهوائية القريبة من الثغور أو يمر مباشرة من خلال جدار الجسم .

٢٠-٤-١ التهوية

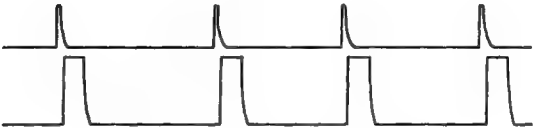
في حالة الحشرات الكبيرة لا يكفي الانتشار وحده لإحضار ما يكفي بحاجة الأنسجة من الأكسجين ، ولذلك فلا بد لها من الحصول على ما يلزمها منه عن طريق إحداث تغيرات في حجم الجهاز القصبي وهذا ما يسمى بالتهوية ، فمعظم القصبات الهوائية دائرية الشكل في قطاعاتها العرضية ووفق ذلك فهي تقاوم أى تغير في شكلها ولكن البعض منها ذوى قطاعات عرضية بيضاوية وكذلك فهي قابلة للانضغاط ومثلها مثل الجنوح في يرقات حشرة *Dytiscus* من غمديات الأجنحة وبسبب انضغاط القصبات الهوائية يندفع الهواء خارج الجهاز القصبي ، وعندما تعود للتمدد يدخل الهواء إليها ثانية، بيد أن التغير في حجم القصبات الهوائية فقط لا يترتب عليه إلا جلب كمية قليلة من الهواء ولكن بسبب المقدرة الكبيرة للأكياس الهوائية على الانضغاط والتمدد، فإنها أقدر على إحداث تبادل للغازات بكميات ضخمة . وضغط الجهاز القصبي وما يتبعه من زفير ينشأ بطريق غير مباشر من الانقباضات العضلية التي تنشأ عادة من عضلات البطن. وهذه الانقباضات تؤدي إلى زيادة ضغط الدم وتحرك الأعضاء التي تضغط على الأكياس الهوائية وتسبب انكماشها، أما تمدد الأكياس الهوائية وما يتبعه من شهيق ينشأ من انقباض الضغط عليها الناشئ من تمدد عضلات البطن المرنة، والتغير في حجم البطن قد يتم بطرق شتى في حالة الحشرات مختلفة الأجنحة. والحشرات غمدية الأجنحة تتحرك الترجات إلى أعلى وإلى أسفل (شكل ٢٠-١٤)، وفي الرعشات والحشرات مستقيمة غشائية وثلاثية الأجنحة تتحرك كل من الترجة والاسترنة (شكل ٢٠-١٥) ب . وقد ترتبط هذه الحركات بالحركات التلوسكوبية لخلفات البطن (شكل ٢٠-١٥ ج) وفي حرشفية الأجنحة تتعقد هذه الحركات وتشمل المناطق البلورية فضلاً عن الترجات والاسترنات .



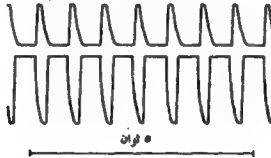
(شكل ٢٠-١٥) أشكال توضيحية توضح غاذج من حركات البطن من أجل التهوية وتبين الخطوط المنقط أماكن الانقباضات وتبين الأسهم اتجاه الحركات أ ، ب قطاعات عرضية ، ج ، قطاع طولى (عن سودجراس ١٩٣٥) .

وتؤدي الحركات المتعاقبة من الانقباض والتمدد إلى ضخ الهواء من وإلى الجهاز القضي من خلال الثغور التنفسية وقد يخرج الهواء من كل ثغر تنفسي وحركة الهواء هكذا يطلق عليها التيار المدى tidal flow حيث إن الهواء الموجود داخل الأجزاء الداخلية من الجهاز يتم طرده بواسطة الحركات المدية Eidal movements وفي معظم الحشرات ينساب تيار الهواء من المقدمة إلى الظهر ولكن في حالة الجراد يفتح الثغور ١ ، ٢ ، ٤ أثناء الشهيق ثم تغلق ويفتح الثغر ١٠ للزفير وعندما تكون الحشرة في حالة نشاط يتم الزفير من خلال الثغور ٥ : ١٠ وتفتح ثغور الشهيق فور إغلاق ثغور الزفير وتظل مفتوحة بمقدار نحو ٢٠٪ من الدورة لمرور الهواء داخلها ثم تغلق بعدئذ وبعد فترة قصيرة تغلق جميع الثغور (شكل ٢٠-١٦) وتبدأ البطن في الانقباض بينما تكون جميع الثغور مغلقة وذلك حتى يصبح الهواء داخل القصبات تحت ضغط وتعرف هذه الحالة بمظهر التضاضط ثم يتبع ذلك فتح ثغور ودفع الهواء للخارج وتسير التهوية في الحشرات الكبيرة بصفة مستمرة هذا رغماً عن إنها قد تتوقف لمدة دقيقة أو أكثر. وبعد فترة من النشاط تنضم إلى حركة التهوية البطنية أنواع أخرى من التهوية تشمل في الجراد حركة على الصدر للأمام وللخلف (التهوية بواسطة الرقبة) ثم حركة الصدر الأمامي على الصدر الأوسط (التهوية بواسطة الصدر الأمامي) (عن ملر ١٩٦٠ أ) وهذه الحركات تؤدي إلى الأساس إلى تهوية الرأس ولذا فلها أهميتها الخاصة .

١ - موية طيعة



ب - موية زائدة



(شكل ٢٠-١٩) رسم توضيحي لنشاط الثغور في حشرة الجراد (أ) موية طيعة (ب) موية زائدة

٢٠-٤-٢ التنفس الجليدى

يتم جزء من عملية تبادل الغازات من خلال الجليد في معظم الحشرات، ولكن هذه لا تمثل إلا نسبة مئوية ضئيلة من الحجم الكلى لعملية تبادل الغازات. ومن جهة أخرى فإن البروتورا والكمولولا ليس لها جهاز قصوى ويجب عليها أن تعتمد على التنفس الجليدى سويًا مع نقل الغازات من سطح الجسم إلى الأنسجة بواسطة الدم، والتنفس الجليدى هام أيضاً في حالة البيض والحشرات المائية، حيث يكون الجهاز الهضمى من النوع ذو الثغور المعلقة (غير العاملة) إلا في حالة الحشرات الصغيرة جداً ، وبحول الجليد السطحي في معظم الحشرات دون نفاذية الأكسجين، وليست الطبقة الشمعية هي الحائل حيث إن هذه الطبقة تحول فقط دون نفاذية الماء (Buck 1962) وفقد ثاى أكسيد الكربون عن طريق الجسم أكبر بكثير منه في حالة الأكسجين وخروج هذا الغاز مختزلاً الأغشية بين حلقاتية بصفة خاصة ضخم للغاية .

٢٠-٥ وظائف أخرى للجهاز القصوى Other functions of the tracheal system

للجهاز القصوى عدد آخر من الوظائف بخلاف وظيفته في التنفس ويقلل الجهاز القصوى خاصة الأكياس الهوائية من حجم الفراغ الداخلى للحشرة . وفي حالة الحشرات المائية يزيد الجهاز القصوى من مقدرة الحشرة على الطفو .

وحيث إن الأكياس الهوائية لها خاصية الانضغاط، فلذلك يسمح بنمو الأعضاء الموجودة داخل الجسم دون أى تغير يذكر في حجم الجسم . ولذا نجد أن الجهاز القصوى في بداية عمر ما من أعمار حشرة الجراد يشغل ٤٢٪ من حجم الجسم ولكنه في نهاية هذا العمر لا يشغل سوى ٣,٨٪ فقط من حجم الجسم، وذلك بسبب نمو الأعضاء الداخلية التى تضغط على الأكياس الهوائية وتسبب إنكماشها .

وفي بعض الحشرات الليلية (من حرشية الأجنحة) تشكل القصبات الهوائية سطح عاكس أسفل العين وتدعم الأعضاء الطويلة عادة بكيس هوائى مفتوح على الخارج، مما يتيح للطيلة حرية للتذبذب عند تعرضها لأقل قدر من الطرق .

ويساعد تمدد الجهاز القصوى في انتفاخ الحشرة بعد الانسلاخ، وفي حالة الرعاشات يمنع إغلاق الثغر هروب الغازات من القصب الهوائية وهذا مصحوب بحركة البطن يؤدي إلى فرد الأجنحة . وفي بعض الحشرات مثل الرعاش *Aeschna* تنمو الأكياس الهوائية بدرجة كبيرة ويبدو أنه ليس لها أى وظيفة تنفسية، ولكن وجودها بهذا الشكل حول العضلات الجناحية يدفع بالظن إلى أنها قد يكون من وظيفتها ضبط درجة حرارة عضلات الطيران (Church, 1960b)، ومن الوظائف العامة الشديدة الأهمية للقصبات إنها تربط الأنسجة بداخلها فضلاً عن ربطها فيما

بينها (Edwards 1960) .

الفصل الواحد والعشرون

التنفس في الحشرات المائية وداخلية التطفل

RESPIRATION IN AQUATIC AND ENDOPARASITIC INSECTS

تحصل الحشرات المائية على الأكسجين مباشرة من الهواء الذائب في الماء وتحتاج مثل هذه الحشرات إلى أن يكون لها اتصال شبه دائم مع السطح، أو تكرر زيارتها له ، ولكن في الكثير من الأحيان تجد الحشرة من زيارتها للسطح بزيادة حجم مخازن الأكسجين الذي تستفيد منه أثناء غطسها . والحشرات التي تحصل على الهواء من الماء تحتفظ دائماً بجهاز قصبي، وذلك لكي تستخدم به الأكسجين الذي تستخلصه من السوائل، وهذا الأمر في غاية الأهمية حيث أن انتشاره في الصورة الغازية أضخم بكثير منه عما لو كان ذائباً في صورة محلول في سائل الدم وأحياناً يتم تبادل الغازات عن طريق خياشيم رقيقة الجدر مزودة بالقصبات الهوائية .

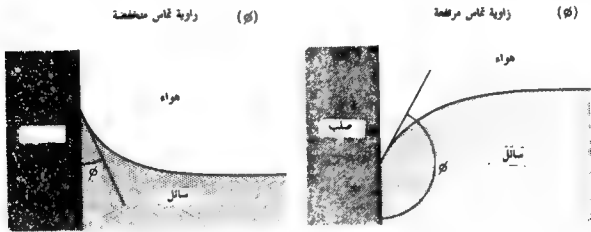
ومثلها مثل الحشرات المائية قد تحصل المتطفلات الداخلية من الحشرات على ما يلزمها من الأكسجين مباشرة من الهواء المحيط بعائلها أو من أنسجة العائل المحيطة بها، و نادراً ما تكون للحشرات أصباغ تنفسية هذا ولو أن الهيموجلوبين موجود في قليل من الحشرات المائية والمتطفلة فقد تستمد منه الأكسجين المخزن به لفترة قصيرة أو قد يسهل الحصول على الأكسجين من بيئة فقيرة فيه .

٢١-٩ الحشرات المائية التي تحصل على الأكسجين من الهواء

Aquatic insects obtaining oxygen from the air

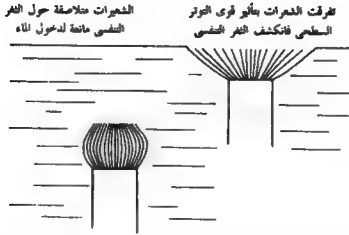
تحصل الغالبية العظمى من الحشرات المائية على الأكسجين من الهواء، وذلك يستدعيها أن تقوم بين الحين والآخر بالصعود إلى سطح الماء لتجدد الغازات الموجودة في جهازها القصبي وعلى أي ، فالقليل من الحشرات تستطيع أن تحافظ على اتصال شبه دائم مع الهواء عن طريق محص تنفسي طويل أو من خلال الفراغات الهوائية في نباتات معينة ومن المشاكل التي تواجه جميع الحشرات المائية هي تلك المتعلقة باختراق الغلاف السطحي للماء عند صعودها إلى السطح، ثم منع دخول الماء إلى الثغور التنفسية أثناء الغطس. وتتوقف مقدرة الحشرة على مواجهة تلك المشاكل على تركيب جليدها السطحي وخاصة ما يتعلق منها بمقاومة الابتلال. وعندما يستقر سائل فوق مادة صلبة، أو إذا ما غمرت مادة صلبة سائل، فإن الهواء الموجود بين المادة الصلبة والسائل يلامس المادة الصلبة بزاوية معينة تكون

ثابتة بالنسبة لكل مادة من المواد وهذه الزاوية التي تقاس في السائل تعرف بزاوية التماس Contact angle. وتدل زاوية التماس الكبيرة على أن سطح المادة الصلبة لا يبتل إلا بصعوبة، ومثل هذه الأسطح تسمى أسطح غير قابلة للبلل وتحت هذه الظروف، فإن درجة تماسك السائل يكون أكبر بكثير من درجة لزوجه بالنسبة للمادة الصلبة. وعندما تصعد حشرة من الحشرات اللاتي يدخلن في تركيب جليدها السطحي مركبات ذات زاوية تماس عالية إلى سطح، فإن الماء سرعان ما يتساقط من على جسمها تاركاً الجسم جافاً (Holgate 1955) موقد يحتوى جليد الحشرة بأكمله على مركبات غير قابلة للبلل مما يجعله مقاوم للبلل على الإطلاق. وقد تكون هذه المركبات مركزة في المنطقة المحيطة بالثغور التنفسية، بينما يكون باقي الجسم قابل للبلل وعلى سبيل المثال، فإن ليرقات الحشرات ثنائية الأجنحة غداً محيطة بالفتحات التنفسية تفرز إفرازاً زيتياً في المناطق الملاصقة للثغور وعادة ما تكون المركبات غير القابلة للبلل مصحوبة بوجود الشعرات كما في حشرة Notonecta (مختلفة الأجنحة) أو بصمامات كما في يرقات البعوض تغلق عند غطس اليرقات وتفتح عند صعودها إلى سطح الماء (شكل ٢١-١) بحيث تسبب قوة التوتر السطحي للماء في تفريق الشعرات المحيطة بالثغور.



(شكل ٢١-١) رسم توضيحي بين زوايا التماس المرتفعة والمنخفضة

وفي الكثير من هذه الحشرات تكون الثغور الخلفية هي الثغور العاملة وتكون غالباً محمولة على محص كما في يرقات Ephydriidae و Culicidae حيث أن الجزء الخلفي من الجسم وحده هو الذي يخترق الغشاء السطحي للماء أما باقي الجسم فيظل مغموماً ومعلقاً من الغشاء السطحي للماء. وفي حالة حشرة Eristalis (من ثنائية الأجنحة) يكون المحص تلسكوبياً ويمكن أن يمتد بطول ستة سنتيمترات أو أكثر، بينما لا يزيد طول اليرقة عن سنتيمتر واحد. وبواسطة هذا المحص تستطيع اليرقة أن تصل إلى السطح بثغورها الخلفية بينما يظل جسمها فوق طين القاع (شكل ٢١ - ٢) وأى زيادة في عدد الثغور العاملة تحدث عادة في العمر اليرقي الأخير، حيث إن هذا الطور لا يلبث لمدة طويلة في الماء بعكس الأطوار المتقدمة فتترك الماء لتعبر أو ليسهل خروج الحشرة اليافعة. في حالة الحشرات ناقصة التطور (Chimton 1947).



(شكل ٢١-٧) رسم توضيحي يبين حركة الشعيرات الغرو قابلة للبلل المحيطة بثغر تنفسي عندما تغوص الحشرة وعندما تصعد للسطح تتوقف حركة الشعيرات توفيقاً كلياً على القوى الطبيعية العاملة بين الشعيرات والماء (ويليامسورت ١٩٩٥)

٢١-١-١ الأكياس الهوائية

بعض الحشرات مثل يرقات البعوض لا تستطيع البقاء تحت الماء إلا بالقدر الذي تصل به امدادات الأكسجين إليها عن طريق القصبات الهوائية ولكن هناك حشرات أخرى تملك مخازن قصبية إضافية لحزن الهواء بهذه الحشرات تحمل معها فقاعة من الهواء عندما تغوص في الماء وتفتح الثغور التنفسية في هذه الفقاعة وتستمد منها الهواء المخزن بها فضلاً عما هو موجود في جهازها القصبى مما يمكن هذه الحشرات من البقاء مدة أطول تحت سطح الماء عما إذا كانت هذه الفقاعات غمر موجودة بموقع مخازن الهواء هذه من السمات التي تميز بها أنواع الحشرات كقنفذ في حالة حشرة *Dytiscus* تكون موجودة أسفل الغمد وعند إزاحة الأجنحة الخلفية وقوسقة الفراغ الموجود أسفل الغمد تتمكن الحشرة من البقاء مغمورة تحت سطح الماء لفترات طويلة . وفي حالة حشرة *Notaneela* يحفظ الهواء بواسطة الشعر غير القابل للبلل الموجود على السطح السفلى للحشرة فضلاً عن تخزينه في مخازن أسفل الأجنحة في صورة غشاء رقيق يحفظ فيها بواسطة أشواك قصيرة توجد فوق السطح الظهري للمخارج الأمامي . وحشرة *Anisops* (مختلفة الأجنحة) مخازن بطنية وتحت غمدية تزود بالأكسجين الذي يتحد اتحاداً ضعيفاً بالهيموجلوبين داخل خلايا قصبية ضخمة توحد داخل الثغور البطنية . وتزيد مخازن الهواء من قدرة الحشرة على الطفو حالما تتوقف عن السباحة أو تحرر نفسها من القاع فغالباً تطفو فوراً إلى السطح ويكون مخزن الهواء في موضع مناسب يمكن الحشرة من تجديد ما به من هواء بسهولة فغالباً تصعد حشرة *Dytiscus* إلى السطح بذيلها أولاً وتجدد مخزون الهواء الموجود أسفل الغمد من الطرف الخلفى للغمدة .

٢١-١-٢ الحياض الطبيعية

عندما تغوص الحشرة في الماء تكون الغازات الموجودة في مخزن الهواء معادلة للغازات الذائبة في الماء بحيث إن الماء يكون مشبعاً بالهواء . ومن الطبيعي أن تحوى فقاعة الهواء عندما تغوص الحشرة على نحو ٢١٪ اوكسجين ، ٧٩٪

نيتروجين ، بينما يكون الماء نظراً لإختلاف درجة ذوبان الغازات فيه محتوياً على ٢٣٪ أكسجين ، ٦٤٪ نيتروجين ، ٣٪ ثاني أكسيد الكربون، ولكون ثاني الكربون سريع الذوبان في الماء فإنه لا يمكن أبداً أن يكون موجوداً بنسبة عالية في الفقاعة الهوائية .

وبعد فترة قليلة من الفوص تناقص درجة تركيز الأكسجين في الفقاعة، حيث إن الحشرة تستخدمه باستمرار وعليه تزيد درجة النتروجين نسبياً بها وهذا يخلل بدرجة التوازن بين الغازات الموجودة في الفقاعة وبين تلك الموجودة في الماء المحيط بالحشرة، وبالتالي فإن الأكسجين سوف يمر من الماء إلى الفقاعة ليعيد التوازن، لأن نسبة الأكسجين قد تناقصت في هواء الفقاعة عن تلك الموجودة في الماء المحيط وعلى العكس يمر النتروجين من الفقاعة إلى الماء لزيادة تركيزه في الفقاعة عما هو موجود في الماء . ولذلك تستطيع الحشرة أن تحصل على مصدر مستمر من الأكسجين أكثر مما هو مخزن في هواء الفقاعة ، وتبعاً لذلك تستطيع أن تطول مدة وجودها أسفل الماء .

والنيتروجين كغاز خامل له ضرورته لكي تعمل الفقاعة عمل الخيشوم الطبيعي، ولهذا السبب، فإن الحشرة لا تستطيع أن تعيش مدة طويلة إذا ما وضعت في ماء به نسبة مركزة من الأكسجين ومنعت من الصعود إلى السطح . وتتوقف فاعلية الفقاعة الهوائية كخيشوم طبيعي على نسبة الأكسجين الموجود في الماء المحيط بالحشرة ففي حالة وجود الحشرة في ماء فقير في الأكسجين سوف يخرج من الفقاعة إلى الماء حيث تفقده الحشرة نظراً لأن ضغط الأكسجين الموجود في الفقاعة يكون أعلى من ضغط ذلك الموجود في الماء . وذلك فإن فاعلية الخيشوم الطبيعي تكون عالية كلما زادت نسبة الأكسجين الذائب في الماء المحيط بالحشرة . ولهذا يكثر صعود الحشرة إلى السطح إذا ما كان الماء راكداً، وقلت نسبة ما به من الأكسجين ولنفس السبب نجد أن حشرة *Naucopsis* (مختلفة الأجنحة) تنشط بالقاع وتحدث بأرجلها الخلفية حركات سباحة فيتحرك الماء حولها في صورة تيار يتيح لها تجديد من مخزون الأكسجين في الفقاعة والتخلص من ثاني أكسيد الكربون المتراكم في الجهاز القضيبي .

٢٩-١-٣ الحشرات التي تحصل على الأكسجين عن طريق النباتات المائية

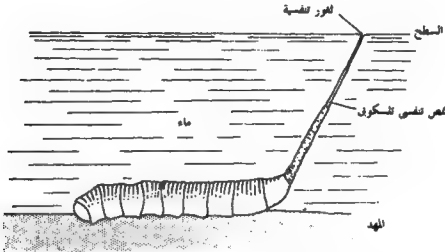
تحصل بعض الحشرات على الأكسجين عن طريق وصل ثغورها التنفسية بالفراغات الهوائية للنباتات المائية . وهذه العادة معروفة في يرقات حشرات *Donacia* (غمدية أجنحة) و *Chrysogaster* (ثنائية الأجنحة) و يرقات *Notiphila* (ثنائية الأجنحة) و يرقات و عذارى بعوض *Manosia* . وفيما عدا *Manosia* فإن جميع هذه الحشرات تعيش في الطين الذي لا يحتوي إلا على قدر يسير من الأكسجين الحر . وتوجد الثغور العاملة على قمة محص بعد بطنى حاد الطرف في حالة الأطوار اليرقية (شكل ٢٩-٣) أما في حالة العذارى فتوجد تلك الثغور على القرون الصدرية الأمامية .

٢٩-٢ الحشرات التي تحصل على الأكسجين من الماء

Insects obtaining oxygen from the water

في حالة جميع الحشرات التي تعيش في الماء ينتشر قدر من الأكسجين من الماء خلال جلد هذه الحشرات، بحيث تستفيد به الحشرة. وفي كثير من المظاهر اليرقية يتم تبادل الغازات ببطء عن هذا الطريق، ويتوقف الانتشار الجليدي

للغازات على مدى نفاذية الجليد وضغط الأكسجين المنخفض داخل الأنسجة إذا ما قورن بضغطه في الماء. وفي كثير من المظاهر البرقية يكون الجليد منفذاً نسبياً ، ففي حالة *Aphelocheirus* (مختلفة الأجنحة) مثلاً يكون الجليد في الطور البرقي الأخير منفذاً بمقدار أربعة أمثال نفاذية جليد الطور الياقع .



(شكل ٢١ أ) : مخرج تنفسي بعد بطنى ل يرقة *Mansonia* - (عن كين ١٩٤٤)

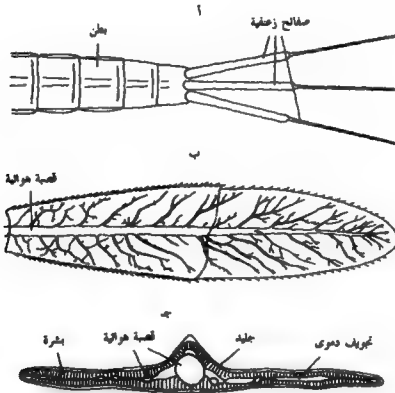
ويعبر بعض الأكسجين من خلال الجليد إلى دم الحشرة وذلك في حالة البرقات المتناهية الصغر ، مثل العمر البرقي الأول للحشرة *Simulium* وحشرة *Chironomus* (ثنائية الأجنحة) وحيث يكون جهازها القسبي مملوء بسائل ، وهذا قد يفي بحاجة الحشرة من الأكسجين . وعلى العموم فإن دورة الدم ضعيفة ودرجة الانتشار من الدم بطيئة ولا يمكن أن تفي بحاجة الحشرات الأكبر .

وعليه فإن غالبية الحشرات التي تحصل على الأكسجين من الماء يكون لها جهاز قسبي مغلق أى أن الثغور التنفسية في هذا الجهاز لا تكون عاملة وتحت هذه الظروف ينتشر الأكسجين من الماء خلال الجليد ومنه إلى الجهاز القسبي، وعن طريقه يمكن للأكسجين أن ينتشر بسرعة حول الجسم ثم الأنسجة. ومثل هذا النوع من الانتشار الغازي يتطلب جهاز قسبياً غير قابل للانضغاط وإلا إنضغط الجهاز القسبي من جراء ضغط الماء وتوقف سر الأكسجين فيه .

٢-٢-٢١ الزعانف القصبية

في بعض الحشرات مثل يرقات *Simulium* يوجد شبكة من القصبات أسفل الجليد بصفة عاملة ولكن يوجد أحياناً زوائد شبه ورقية من الجسم هي الزعانف، وتغطي هذه تجليد متناهي الرقة أسفل منه مباشرة شبكة من القصبات

التنفسية (شكل ٢١-٤) هو تعرف هذه الزوائد بالزعانف القصية وفي غالبية يرقات الرعاشات يوجد ثلاثة من الخياشيم الذنبية (شكل ٢١-٤) وليرقات ترايكوبترا Tricoptera خياشيم خيطية قطعية ، بينما يوجد ليرقات بليكوبترا Plecoptera خياشيم متفجرة الوضع . وليرقات انيسوبترا Anisoptera خياشيم في الجزء الأمامي من المستقيم يمر عليها الماء ذهاباً ورجوعاً بواسطة الضخ العضلي، وعموماً فيال رغم من إن قدرأ كبيراً من تبادل الغازات يأخذ طريقه من خلال الزعانف القصية والتي يصل مداها إلى ٢٢ : ٤٥ ٪ من نسبة الأكسجين المطلوبة في حالة يرقات Agrion (من الرعاشات) فإن هذه الحشرات قد تهلك إذا انتزعت منها هذه الزعانف، ووضعت في بيئة تحتوي على ضغط عال من الأكسجين . وطالما كان ضغط الأكسجين في الماء منخفضاً فإن لهذه الزعانف أهميتها القصوى لأنها تزيد من المسطحات التي يمكن تبادل الغازات من خلالها .

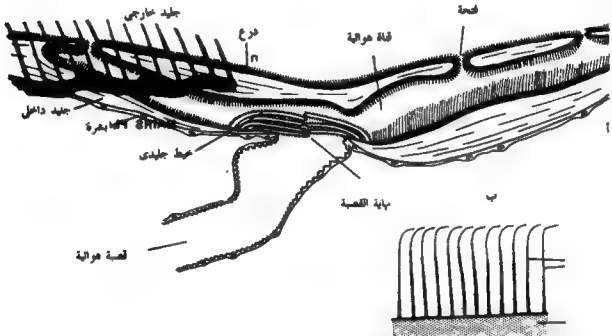


شكل ٢١-٤ - خياشيم قلبية (صفائح خلية) في يرقة الرعاش
(ب) منظر ظهري لنهاية البطن المخلفة في يرقة
(ج) قطاع عرضي في صفعة زعفية لحشرة Coenagrion Symplectes

٢-٢-٢١ التنفس الدرعي

لبعض الحشرات تراكيب خاصة تستطيع الاحتفاظ بطبقة رقيقة من الهواء خارج الجسم بحيث تكون هذه الطبقة هي المكان الذي يتم عن طريقه تبادل الغازات بين الماء والجسم وتسمى هذه الطبقة الغازية بالدرع وتفتح القصبات التنفسية في هذا الدرع وحتى يمكن للأكسجين أن يمر مباشرة إلى الجسم ويكون الدرع المذكور موجوداً بصفة دائمة

ولو أن حجمه يكون صغيراً لمحيث أنه لا يعمل كمخزن يزود بالهواء ، بل إنه لاستهلاك الحشرة في حالة الحشرات اليافعة يتم الحفاظ على وجود الدرع بواسطة شعرات كثيفة لسطح الجسم . وفي حالة حشرة *Aphelocheirus* يتميز هذا النظام بانحناء هذه الشعرات عند أطرافها (شكل ٢١-٥ ب) وفي حشرات أخرى مثل حشرة *Elmis* (غمدية الأجنحة) تكون هذه الشعرات مائلة (شكل ٢١-٥) وعدم قابلية هذه الشعرات للانضغاط ترجع إلى وجود تغليظ طفيف في قواعد الشعرات وأيضاً إلى تزاوجها الشديد . وفي الحشرة اليافعة *Aphelocheirus* يغطي الدرع السطح البطنى وجزء من السطح الظهري لجسم الحشرة ويبلغ ارتفاع الشعرات الحافظة للهواء من ٥ إلى ٦ ميكرونات ويبلغ قطرها نحو ٠.٢ ميكرونات وهذه الشعرات متكاثفة بدرجة كبيرة بحيث يوجد منها نحو ٢٠٠٠,٠٠٠ في كل ملليمتر مربع وهي قادرة على تحمل ضغط يوازى أربعة ضغوط جوية بدون أن تنضغط وهذا يدل على مدى قدرة الدرع على تحمل ضغط الماء الزائد في الأعماق . وتفتح الثغور التنفسية في الدرع كتغور صغيرة تؤدي إلى سلسلة القنوات المشعبة في الجليد (شكل ٢١-٥) وتبطن هذه القنوات بالشعرات حتى تجعل دخول الماء إلى الجهاز القصى مستحيلاً .



(شكل ٢١-٥) (أ) مقطع عرضي لسطح الغرابة في *Aphelocheirus* بين ارتباط القصبة الهوائية بجهاز مكون من قنوات في الجليد (ب) جزء من الدرع مكبرة لتبينة يوضح شكل الشعرات (عن Thorpe Crisp 1944a)

٢١-٢-٣ الزعانف الثغرية

الزعانف الثغرية تستطيع أن تزود الجهاز القصى مباشرة بالهواء مع حفاظها على ماء الجسم بحيث إنها تفتح في دهليز الثغر . وعنه فإن فقد الماء من خلال الثغور التنفسية يكون طفيفاً . وفي حالة وجود الحشرة في الهواء يكون مساوياً لثيله في حالة الحشرات الأرضية (Himton, 1944) .

وفي حالة عذراء حشرة *Taptrophila* يوجد زوج من الزعانف الثغرية يصل طول الواحدة منها إلى نحو ١,٥ مم ومتفرع إلى ثمانية أفرع تتصل بالثغور الموجودة في الصدر الأمامي ويمتد الدهليز الثغري داخل الزعنفة وفروعها. وحينما يتقابل الدهليز مع جدار الزعنفة فإنه يفتح للخارج من خلال سلسلة من الثقوب الصغيرة تسمى الثقوب الهوائية والتي يصل قطر الثقب فيها نحو ميكرون. ويبدو الدهليز في قطاعه العرضي مزدوج الجدار تتصل به دعامات جليدية حتى لا ينضغط الدهليز حتى ولو جفت الزعانف، هذا وتمتع خاصية عدم الابتلال التي تتميز بها الدعامات من دخول الماء الدهليز ويمتد من كل ثقب هوائي خارج الزعنفة قناة مجوفة عرضها نحو ٤ ميكرون وتبطن كل قناة ببطانة غير قابلة للبلل مما يمكن القناة من الاحتفاظ بأسطوانة طويلة من الهواء خلال وجود الحشرة في الماء، وتسمى هذه الأسطوانة بالخط الدرعي. هذا ولا يمكن أن تزول الخطوط الدرعية بسبب وجود ما يسمى بالقناطر الجليدية داخلها وهي تتراص على مسافات تصل إلى ١ ميكرون وعرض كل قنطرة نحو ٥,٥ ميكرون ولا يمكن أن يزول الهواء داخل القناة حتى ولو تعرضت الحشرة إلى ضغط عشرة أقدام من الماء، هذا بالرغم من أن العنبر لا توجد عادة على عمق يزيد عن قدمين. ويمكن الخطوط الدرعية الحشرة من تبادل قدر كبير من الغازات أثناء وجودها في الماء وتنضغط الزعانف أثناء وجود الحشرة في الهواء ولكن الدهاليز لا يمكن أن تنضغط وتظل تعمل كممر للهواء إلى داخل الثغور

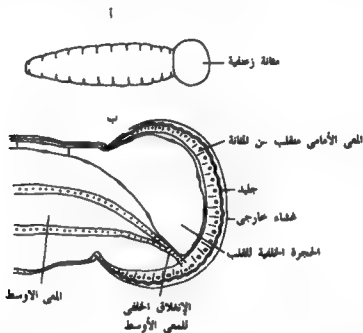
٢١-٣ التنفس في الطفيليات الحشرية الداخلية

Respiration in endoparasitic insects

تتبع الحشرات الطفيلية الداخلية طرق شتى في سبيل الحصول على الأكسجين، والتي يمكن مقارنتها عموماً بتلك التي تستخدمها الحشرات المائية، وغالبية الطفيليات الداخلية تحصل على بعض الأكسجين بالانتشار من خلال الجليد من أنسجة عائلته. وفي كثير من حشرات الكونومييد وبراكونيد (غشائية الأجنحة) يكون الجهاز القصبي في العمر اليرقي الأول مملوء بالسوائل، وحتى حينما يمتلئ بالغازات تظل الثغور مغلقة حتى العمر اليرقي الأخير. وعليه فإن هذه الحشرات وكذلك يرقات غالبية الطفيليات من رتبة ثنائية الأجنحة تعتمد اعتماداً كلياً على الانتشار الغازي من خلال الجليد. وفي يرقات باكونيد يمتد المعى الخلفي من خلال فتحة الشرج ويلتوي مكوناً مائة زعنفة، وهذه قد تنمو في أنواع مختلفة ولكنها في البعض منها مثل *Apeuteles* تكون رقيقة الجدار نسبياً ومتصلة اتصالاً وثيقاً بالقلب (شكل ٢١-٦) حتى يتاح للأكسجين الذي يمر منه أن ينتقل سريعاً ويزود به الجسم. وفي مثل هذه الحشرات تكون المثانة مسئولة عن نحو ثلثي عملية التبادل الغازي. وعندما يمتلئ الجهاز القصبي بالهواء قد تنمو تحت الجليد فوراً شبكة من القصبات الهوائية تزيد من سهولة عملية انتشار الغازات من السطح. وفي حالة حشرة *Cryptochaetum iceryae* (من ثنائية الأجنحة) وهي طفيل على الحشرات القشرية يوجد زوج من الخيوط الزعنفية يصل طولها في العمر اليرقي الثالث عشرة أمثال طول الجسم وتظلف هذه الخيوط بالقصبات الهوائية. وعادة ما تتشابه هذه الخيوط مع القصبات الهوائية للعائل وبذلك يجد السبيل إلى ممر سهل لنقل الأكسجين إلى الطفيل. وبعض الحشرات خاصة المسنة نجد أن الرقات النشطة هم ذات الاحتياجات الكبيرة من الأكسجين تتصل بالهواء الخارجي أما من خلال جدر جسم العائل أو عن طريق جهاز التنفس. وغالبية هذه الحشرات إما أن تكون

ذات جهاز تنفسي به الزوج الأخير من الثغور التنفسية مفتوحاً أو ذات جهاز تنفسي توجد ثغوره التنفسية في الحلقيتين الصدرية الأولى والبطنية الأخيرة بحيث تعتمد هذه الحشرات الطفيلية على استخدام الثغور التنفسية الحلقية في الحصول على ما يلزمها من الأكسجين. وتتصل يرقات Chalcid (من غشائيات الأجنحة) بالخارج بدءاً من عمرها البرق الأول فصاعداً بواسطة شريط يضيء أجوفاً ينفذ من خلال جسم العائل وتفتح الثغور التنفسية الحلقية لليرقة في النهاية الداخلية للشريط، وبذلك تتصل بالجو الخارجي . وكثير من يرقات التاكنيد (من ثنائية الأجنحة) التي تتطفل على الحشرات الأخرى تنقب الجهاز القضي لتتحصل على الأكسجين، أو تنقب جدار جسمه حيث تبرز منه ثغورها التنفسية الحلقية مما يثير بشرة العائل ويجعلها تنمو وتنتشر حول الرقة وتحيط بها تماماً وتفرز غشاء جليدياً رقيقاً . وتنفس يرقة Melinda (من ثنائية الأجنحة) وهي تتطفل على القواقع - عن طريق دفع ثغورها التنفسية للخارج من خلال الفتحة التنفسية للقوقع .

وأحياناً تتصل طفليات الحيوانات الفقارية بالجو الخارجي كذلك، فمثلاً تحفر يرقة Cordylobia (من ثنائية الأجنحة) في جلد العائل محدثة به ورماً موضعياً، ولكنها تحتفظ دائماً بفتحة للخارج تخرج منها ثغورها الحلقية



شكل (٢٩-٦) (أ) يرقة Apanteles واضح بها لفافة الزعنفية . (ب) قطاع طولى لل لفافة (من جليز ورت 1965)

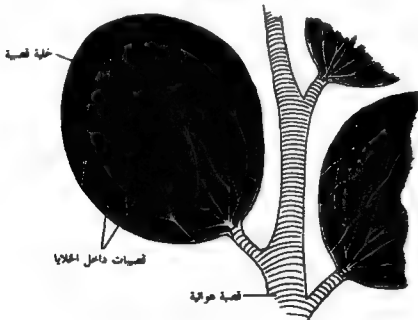
٢٩-٤ الهيموجلوبين Haemoglobin

ليس للغالبية العظمى من الحشرات خصائص تنفسية يمكن أن يوجد في دم القليل منها سائل الهيموجلوبين، ومن الأمثلة الواضحة على ذلك اليرقات المائية للهاموش والحشرات القربية منه مثل البقّة المائية Anisops واليرقات الطفيلية الداخلية للنمف Gastrophilus (من ثنائية الأجنحة) .

ويبلغ الوزن الجزيئي هيوجلوبين الهاموش ٣١,٤٠٠. وهيوجلوبين النصف نحو ٤٣,٠٠٠ وهذا الوزن الجزيئي يقدر بنصف مثيله في هيوجلوبين الفقاريات ويدل على أنه يحتوي على مجموعتين من الهيم فقط . ولهذا الهيوجلوبين فاعلية أكبر بكثير منها في حالة هيوجلوبين الفقاريات ويختلف هيوجلوبين Anisops عن ذلك حيث أنه ليس له إلا مقدرة ضعيفة على حمل الأكسجين وهذا يفسر عدم تشبعه خلال الغطس حتى لو كان الغطس في مياه جيدة التهوية .

الهاموش : يعيش الهاموش في الطين تحت المياه الراكدة والتي تكون عادة فقيرة في الأكسجين. وللهيوجلوبين في يرقات الهاموش فائدته العظمى لتعويض النقص في أكسجين البيئة المحيطة بسرعة وفاعلية حيناً تتوقف عمليات الرى ويركد الماء . يكون للهيموجلوبين القدرة على أخذ الأكسجين وتوصيله إلى الأنسجة بسرعة مما هو واقع في حالة المحاليل البسيطة الموجودة في دم الحشرات، وخاصة عندما يكون محتوى الماء من الأكسجين منخفضاً وتحت هذه الظروف فإن الهيوجلوبين يستمر في حصوله على الأكسجين من الماء، وتوصيله إلى الأنسجة، ولهذا فإنه لا يمكن له أبداً أن يتشبع بالأكسجين، وبذلك تتمكن يرقات الهاموش من الحياة في مثل هذه الظروف، ولا تتأثر بنقص الأكسجين في الوسط المحيط بها .

التنفس : يعيش العمر الثالث ليرقة التنف كطفيل داخل معدة الخيل والأطوار الرقية الأولى للتنف تحتوي على الهيوجلوبين ذائباً في الدم ولكن في العمر الثالث يصبح الهيوجلوبين مركزاً في خلايا قصبية كبيرة وتمتد من التنفور التنفسية الخلفية أربعة أزواج من الجذوع القصبية ثم تستدق وتعطى فروعاً قصيرة على مسافات بطول تلك الجذوع ويتفرع كل فرع إلى عديد من القصبيات (شكل ٢١-٦) التي تعمل داخل خلية قصبية وبدخل معدة الحصان لا تتلقى اليرقة الامداداً متوسطاً من الهواء من خلال فقاعات الهواء الموجودة بالطعام وعن طريق هيوجلوبين الخلايا القصبية تتمكن اليرقة من الحصول على قدر من الأكسجين أكبر مما تحتاجه لمتطلباتها المتوسطة. ولكن لكي تستخدمه فيما بعد إذا ما استعصى حصولها على الهواء . ويسهل الهيوجلوبين لليرقة استعمال قدر أكبر من الأكسجين ولكن انخزون منه يكون صغراً للغاية إذ لا يكفيها إلا لمدة ٤ دقائق (Keilin and Wany 1946)



(شكل ٢١-٧) خلية قصبية نشأت من قصبية هوائية في يرقة نطف معدة الخيل

الفصل الثانى والعشرون

إخراج المركبات النيتروجينية وتنظيم الأملح والماء

NITROGENOUS EXCRETION AND SALT AND WATER REGULATION

تمارس الخلية نشاطها من خلال وسط معين . وبالتالي فإنه من الأمور الهامة أن تكون محتويات كل خلايا الحيوان بوجه عام فى حالة توازن ما أمكن . وهذا يستند على الحفاظ على مستويات ثابتة من الأملاح والماء والضغط الأسمورى فى الدم ، والتخلص من المخلفات النيتروجينية السامة الناتجة من أيض البروتين . ويقوم الجهاز الإخراجى بالدور الأعظم فى هذا الاتجاه .

٢٢-١ الأعضاء الإخراجية Excretory organs

يتتركب الجهاز الإخراجى النموذجى فى الحشرات من أنابيب ملبيجى والأمعاء والمستقيم وقد تم وصف الأمعاء والمستقيم فى الفصل الثالث .

٢٢-١-١ أنابيب ملبيجى

أنابيب ملبيجى أنابيب طويلة رقيقة نهايتها مغلقة (عمياء) تخرج من الأمعاء قرب التقاء الملى الأوسط بالملى الخلفى، وتغتنق سائبة فى تجويف الجسم. وفى بعض الحشرات، مثل خنفساء Necrophoras (من غمدية الأجنحة) تخرج هذه الأنابيب من الملى الأوسط بينما تخرج من الجزء الأمامى للملى الخلفى فى البقاقات وقد تفتح كل أنبوبة بفتحة مستقلة فى الأمعاء وقد تنقسم إلى مجموعات تصب كل منها بفتحة مشتركة فى الأمعاء (شكل ٢٢-٣)، وفى حشرة *Carausius (phasmidae)* يوجد ثلاث مجموعات واضحة من أنابيب ملبيجى ، مجموعة علوية ومجموعة سفلية من الأنابيب تخرج من منطقة التقاء الملى الأوسط بالملى الخلفى ، ومجموعة تفتح فى الملى الأوسط . ويوجد اختلاف هستولوجى بين المجموع المختلفة .

ويبلغ سمك الأنبوبة خلية واحدة مع وجود خلية أو أكثر تحيط بمجرى الأنبوبة . وترتكز خلايا الأنبوبة على غشاء قاعدى متين للخارج حيث يتكون فى الحشرات مستقيمة الأجنحة وبعض الحشرات الأخرى من شرائط من الألياف تلتف حول الأنبوبة فى شكل لولبى .

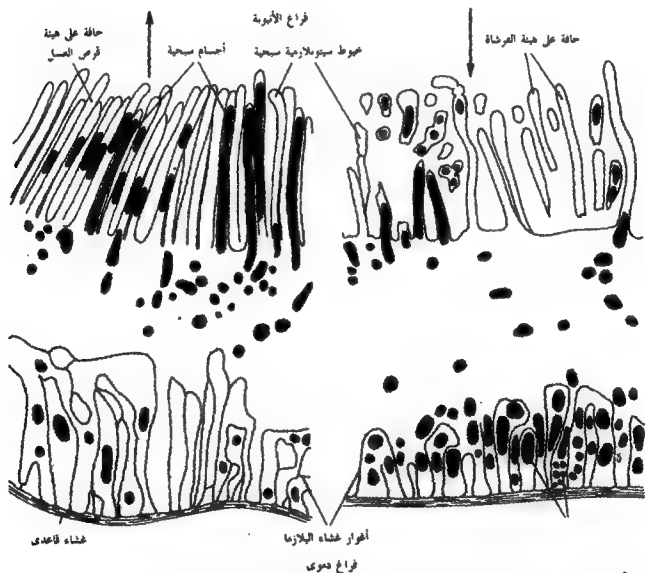
وتمتاز أنابيب مليبي في كل من *Rhodnius* وحرشفية الأجنحة وثالثية الأجنحة عموماً بظهورها من العضلات سوى سلسلة من الألياف الطولية تقريباً، بينما يوجد غلاف عضلي متصل بأنابيب المليبي في كل من غمدية الأجنحة وشبكية الأجنحة وهذه العضلات تسبب تحرك الأنابيب حركة رتبية في الدم. وفي نفس الوقت تؤدي إلى تحرك السوائل في الأنابيب ذاتها. ويوجد خارج العضلات غلاف بهتوي مكون من خلايا برعمية قصية *tracheo-blasts*، ويوجد نموذج من الخلايا التي تتكون منها أنابيب مليبي في حشرة *Rhodnius* وبعض الحشرات الأخرى (شكل ٢٢-١١) ففي أقصى الأجزاء القاعدية للأنابيب تتشكل الحواف الحرة للخلايا على هيئة خيوط سيتوبلازمية يصل طولها من ١٠ إلى ١٣ ميكرونات، وهي تصطف متلاحقة تماماً مع بعضها مكونة ما يسمى بحافة قرص العسل (شكل ٢٢-١٢) وتفتح حواف الخيط قليلاً أثناء فترات النشاط الإفرازي. والنموذج الآخر من هذه الخلايا هو المسمى بحافة الفرشاة، وهذا الأخير يتكون أيضاً من خيوط سيتوبلازمية ولكن هذه الخيوط تنفصل عن بعضها بمقدار عرض كل منها وهي مرتبة ترتيباً منظماً أقل أو أكثر من خيوط حافة قرص العسل. ويختلف طول خيوط حافة



(شكل ٢٢ - ١) جزء من أنابيب مليبي في بقعة *Rhodnius* توضح اتصال المنطقة الإفرازية القاعدية في الخلايا ذات حواف قرص العسل مع المنطقة الفرعية ذات الخلايا المصلة الفرشية الحواف ب - نهايات أنابيب مليبي في التحل توضح العضلة اللولية والقصبات الهوائية التي تلتصق

الفرشاة من حين لآخر بما يتراوح بين ٧ ميكرون إلى ٤٠ ميكرون ويغور الغشاء البلازمي في المناطق القاعدية للخلايا يعمق داخل الخلايا ، وتكون هذه الأعمار أكثر تعقيداً في الخلايا الشبيهة بحافة قرص العسل ويزيد وضوح الميتوكوندريا (الأجسام السبحية) خاصة في خيوط حافة قرص الشمع ولكنها في الخلايا الأكثر قرباً تكون أكثر عدداً في الطبقات القاعدية وذلك لنشاط البلازما .

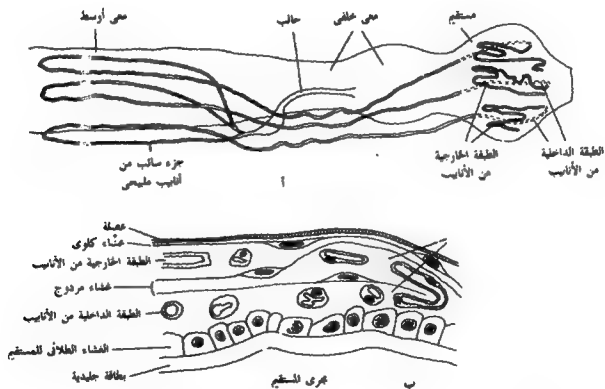
ومن المعتقد أن هذا الفرق في التوزيع قد يشير إلى مواقع مختلفة لمقدمات الطاقة القصوى مع الاختلاف في نقلها . (وحزوروت وساليز ١٩٦٢) . وتحتوي خيوط المحوجين من الخلايا أيضاً على سلاسل من الحويصلات التي تعد أجزاء من شبكة الإندوبلازم .



(شكل ٢٢ - ١٢) قطاع في علية في المنطقة القاعدية لقناة مليحية في بقعة روديسس يوضح الخطوط السيتوبلازمية المنظمة لحافة قرص العسل . ب - قطاع في علية المنطقة القمية . الأسهم تشير إلى اتجاه الإفراز (عن وحزوروت وساليز ١٩٦٢ - ١) .

وتغطي أنابيب مليحي في كل من الكولوبولا والمن ، وتمثل بملاص فقط في كل من ديلورا وبورتورا واسترستيرا ، ولكنها توجد في جميع أنواع الحشرات الأخرى ، ولو أن عددها يتراوح ما بين اثنين في الحشرات القشرية إلى نحو ٢٥٠ في الجراد ، وقد يزيد عددها أثناء النمو البعد جنيني وينشأ عن وجود أنابيب مليحي بأعداد ضخمة زيادة المسطح الكلي زيادة عظيمة مما يسهل تبادل المواد مع الدم ، فيوجد في الصرصور الأمريكي مثلاً ٦٠ أنبوبة منها يبلغ سطحها الكلي نحو ١٣٢,٠٠٠ م^٢ .

وفي الكثير من عمدة الأجنحة والبرقات الحشرية الأجنحة يلتحم الجزء القاعدي من أنابيب مليحي التحاماً وثيقاً مع المستقيم مكوناً طبقة ملتفة فوق سطحه (شكل ٢٢ - ١٣) يطلق عليها الكلي الحويصلة . وفي خنفساء التنبريو تشكل أنابيب مليحي طبقة منفردة ، ولكنها في حالة أخرى تمر أسفل الطبقة العضلية للمستقيم ، ثم تنتهي على نفسها لتشكل طبقة خارجية شديدة الالتصاف حول نفسها . وتنفصل الطبقات الخارجية من الأنابيب عن الطبقات الداخلية منها بواسطة غشاء مزدوج مكوناً من خلايا رقيقة ثم تغطي الطبقات الخارجية من الخارج بواسطة غشاء منفرد يسمى الغشاء الحويل كلوي ، ثم يلي هذا عضلات المستقيم (شكل ٢٢ - ٣ ب) .



(شكل ٢٢ - ٣) العظيم الكلوي الحويل لأنابيب مليحي في يرقة (*Aglais urticae* (*Lepidoptera*)
(أ) عظيم حام يوضح الارتباط الوثيق بين التيهات للأنابيب مع المستقيم .
(ب) قطاع في المستقيم والأنابيب المتصلة به .

والغشاء الحول كلوى غشاء منفذ نسبياً ولكنه في حالة خنفساء التيريو على الأقل لا يتداخل مع القناة المضمية من الأمام بل يشكل ركباً (كُما) محكماً حولها ويرشح الماء من هذا التجويف المحيط إلى الدم . وربما انقسم هذا التجويف المطلق الذى وانه الغشاء الحول كلوى بواسطة أغشية أخرى وهذه الأغشية لا تتكشل حواجز فعالة . وترتبط قنوات مليحي على أبعاد مختلفة بالغشاء الحول كلوى بواسطة خلايا خاصة تُسمى الحواجز الرقيقة . يختص التنظيم الكلوى الحوصل بالحصول على الماء من المستقيم ، ولذا فهذا التنظيم غير موجود في غالبية الحشرات المائية .

٢٢-٩-٢ الخلايا الكلوية

توجد الخلايا الكلوية أو الخلايا التامورية Pericardial أو nephocytes كخلايا منفردة أو متجمعة في مجموعات في أجزاء شتى من الجسم وقد تكون ضخمة الحجم كما في يرقات الحشرات ثنائية الأجنحة أو تكون صغيرة وعديدة . وعادة ماتحتوى على أكثر من نواة . وتوجد هذه الخلايا عادة فوق مسطح القلب أو مستقرة فوق الحاجز التامورى Pericardial Septum أو على العضلات الجناحية . وفي حالة يرقات أودوناتا Odonata توجد هذه الخلايا مبعثرة في الجسم الدهنى . وبالإضافة إلى ذلك في حالة القمل Pediculus . توجد على جانبيه المرئى .

وفي حالة يرقات Cycloporhapha تشكل هذه الخلايا سلسلة واضحة تمتد من الغد اللعابية (شكل ٢٢ - ٤) وتمر الخلايا الكلوية في سلسلة من مراحل النمو ، ففى الدورسوفيلات أتضح أنها تنمو من أجسام صنوبرية توجد داخل أغوار الغشاء البلازمى العميقة ، ويعتقد انه وهى في هذا الوضع لها القدرة على تخليص الدم تخليصاً مباشراً من الخلفات المعقدة . وفي داخل الخلية ، يعتقد بأن الأجسام الصنوبرية تنحدر وتنبور محتوياتها وعندئذ تتحلل البلورات وتتجمع نواتج تحللها في فجوات كبيرة يتم إفرازها في الدم (Mills and Kug 1265) .

ويعتقد أن محصلة هذا النشاط هو تحويل المخلفات إلى شكل من الأشكال التى يمكن معالجتها بواسطة طرق الأيض الطبيعية . ويعتقد البعض أن الخلايا الكلوية تلعب دوراً في أبيض البروتين والليوبروتين .

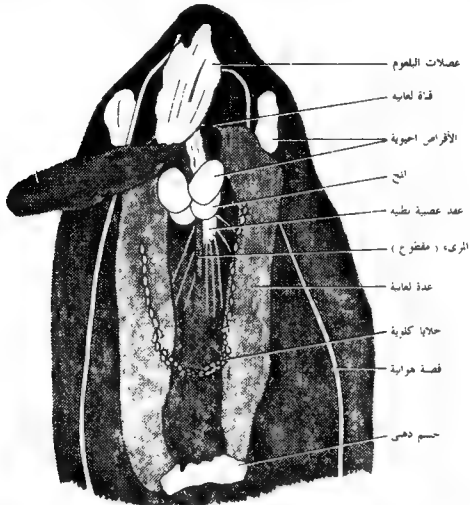
وتقوم الخلايا الكلوية أيضاً بتخليص الدم من الأجسام الغروية كما تقوم بدور في التحكم في ضربات القلب .

٢٢-٩-٣ الإخراج عن طريق الأمعاء

في حالة الصرصور الأمريكى لاحتوى قنوات مليحي على حامض بولىك ، ولكن توجد ذرات من حامض البولىك في جدار الجزء الخلفى من الأمعاء وكذلك في محتويات المي الخلفى . وهذا يدعو إلى الاعتقاد بأن المي الخلفى قد يكون له وظيفة إخراجية . ووجد حامض البولىك أيضاً في المي الأوسط ليرقات الحشرات غشائية الأجنحة ، حيث ينطبق المي الأوسط على المي الخلفى وكذلك في المي الأوسط ليرقات Lucilia وعدد آخر من أنواع اليرقات هذا رغم إنه ربما كان ظهور بلورات البولىك في هذه الحالة ناتجة من قنوات مليحي .

وبعض الحشرات تقوم بإخراج الأمونيا التى يبدو إنها تمر مباشرة في القناة المضمية دون أن تذهب إلى قنوات مليحي . وفي يرقات ذباب Blow Fly مثلاً ، تتكون الأمونيا في المي الأوسط ، ثم يعاد امتصاصها وتمر عن طريق

الدم إلى المعى الخلفى ، بينما في الحشرات المائية قد تفرز الأمونيا مباشرة في المستقيم ، وتستخلص الأصباغ والأيونات المختلفة من الدم بواسطة أجزاء من الأمعاء في حشرات شتى (Weterhouse and Day, 1953) .



(شكل ٢٢ - ٤) تشرح الجزء الأمامي للقناة الهضمية ليرقة الذباب الأزرق في العمر الثالث توضح سلاسل الحللاها الككلوية الموجودة بين العقد اللعابية - قطع المريء بجوار الملح مباشرة

٢٢-١-٤ أعضاء أخرى تشترك في عملية الإخراج

في حالة كوللمبولا (حيث لا توجد أنابيب مليمي) تقوم بالإخراج غدود موجودة في الرأس فتحاتها عند قاعدة الشفلة السفلى . وتتركب من فص علوى يتبعه تيه ملتف ذو غدة تفتح في القناة الخارجية (شكل ٢٢ - ٥) . وهذه الغدد تستخلص الأصباغ من الدم ويعتقد أن لها وظيفة إخراجية .

وهناك بعض الشواهد التي تدل على أن الغدد الشفوية في الحشرة البافعة من جنس *Hylolhora* قد تمكن الحشرة من التخلص من الماء الزائد وتخرجه عن طريق ثقب في منتصف الشفة السفلى ، وقد يفيد أيضاً في تعيم حرير نفق الخروج من الشرقة (Edwards, 1964) .

وفى الصرصور *Blattella* وعدد قليل آخر من أنواع الصراصير يدخل حامض البوليك كجزء من إفرازات الغدد الإضافية في الذكر ، وحيث يجري تخزينه على فترات ، ثم يصب فوق الأكياس الحاملة للمحيوانات المنوية أثناء الجماع .



(شكل ٢٢ - ٥) الغدد الشفوية في كورليولا (وجنرود ١٩٦٥)

٢-٢٢ الإخراج النيتروجيني Nitrogenous excretion

٢-٢٢-١ النواتج الإخراجية

الأمونيا هي المنتج الرئيسى الشافى لعملية الأيض النيتروجينى ، ولكنها تمتاز بالسمية الشديدة حتى المراحل الخفيفة للدرجة القصوى منها ، وعليه فإن الأمونيا هي الوحيدة التي تقوم الحشرات بإخراجها مهما كانت كميتها في أى إمداد وفير من المياه ، مثل تلك الحشرات التي تعيش في المياه العذبة والأخرى ، مثل يرقات ذبابة Blow Fly التي تعيش في بيئات مشبعة بالرطوبة .

وبالنسبة للحشرات الأرضية ، تكون المحافظة على الماء من أشد الضروريات ، وعليه فيجب ألا يفقد منه في عملية الإخراج إلا النذر اليسير .

وعليه فقد كان من الضروري هنا إنتاج مادة أقل سمية من الأمونيا حتى يمكن التخلص منها باستخدام أقل مقدار من الماء . وهذه المادة هي حامض البوليك ، فهو بالإضافة إلى كونه عديم الضرر ، فهو أيضاً شحيح الذوبان إلى

درجة كبيرة ، ولذا فهو يميل إلى التبلور من السوائل والرجوع إلى حالة الصلابة فيصبح مركباً إخراجياً عديم السمية . وأكثر من ذلك فحامض البوليك يحتوي على إيدروجين أقل من كل ذرة من النيتروجين عنه في أى مركب نيتروجينى آخر تنتجه الحيوانات . ولما كان الإيدروجين مستخرجاً من الماء ، فهذا يعنى أن الماء لا يدخل في تركيب حامض البوليك إلا بأقل قدر . وبسبب ميزات حامض البوليك المتعددة . فإن معظم الحشرات الأرضية تفرج ما بين ٨٠ - ٩٠ / من تولفها النيتروجينية في صورة حامض بوليك . ويوجد حامض البوليك عادة في الصورة الحرة ثم مايلبث أن يكوّن نحو ٨٠ - ٩٠ / من الكريات البولية التي تشكل في أنابيب مليحي في حشرة رودنيس . وهرقات حشرة *Tinea* (من حرشفية الأجنحة) توجد على صورة بولات الأمونيوم بينما يوجد في البراز الجيني لحشرة *Deilephila* (من حرشفية الأجنحة) كمية كبيرة من بولات البوتاسيوم . وقد توجد مركبات أخرى تكوّن أحياناً الجزء الأكبر من المخلفات النيتروجينية وذلك تبعاً للظروف الخاصة بمحشرات معينة . وعلى سبيل المثال تقوم حشرة *Dysdrus* (مختلفة الأجنحة) بإفراز قدر كبير من اللاش ، وليس من حامض البوليك بالرغم من وجود الأخير في الدم . توجد عادة كمية من حامض اللاش في البراز الجيني لحرشفية الأجنحة وتفرج غالبية المخلفات النيتروجينية على هذه الصورة أكثر منها في صورة حامض بوليك (Razer, 1956) وتوجد البوريا عادة ولكن بكميات صغيرة نسبياً . وبخلاف تلك المخلفات النهائية لعملية الأيض توجد كميات نيتروجينية أخرى ضمن المواد الإخراجية . فمثلاً في حشرة *Glossina* يوجد الأرجنين والمستبدن اللذان يستخرجان من دم العائل دون أن يحرثهما أى تغير بعد عمليات الامتصاص . وتحتوى هذه المركبات على كمية كبيرة من النيتروجين ويستلزم للتخلص منها قدر كبير من الطاقة إذا ما تم أبيضها بالطرق الطبيعية . وتوجد أيضاً كميات صغيرة من الأحماض الأمينية والبروتينات التي لم يتم امتصاصها في المستقيم .

٢٢ - ٢ - ٢ ميكانيكية الإخراج .

يخرج حامض البوليك خلال أنابيب مليحي مع غره من مكونات الدم وربما كان إخراجها نشطاً ، ولكن لم يتأكد ذلك بل من المحتمل أن ترتبط في حركته بالحركة النشطة للبوتاسيوم . وفي حالة حشرة *Rhodnius* يعتقد أنه يفرز على صورة بولات البوتاسيوم . وأكثر ما يحدث هذا في الأجزاء القاعدية من الأنابيب والتي تحفها حافة قرص الصل ، وفي حشرات أخرى مثل *Carnarius* وجد أن الأنبوبة بكاملها لها القدرة على الإفراز .

وتبعاً لذلك يتم إعادة امتصاص الماء والأملاح بدرجة كبيرة أو صغيرة في الأجزاء الطرفية للجهاز ، بينما يطرده حامض البوليك والبولات للخارج . وفي حالة حشرة *Rhodnius* والحشرات الأخرى التي تتميز بأنابيب مليحي بها بتركيب تشريحي مختلف تتم هذه العملية في الأجزاء الطرفية لأنابيب مليحي ، فظهر كريات البولات أولاً عند قواعد الخيوط المكونة للحافة الشبيهة بالفراش . وفي حالة حشرة *Carveius* يظهر معظم حامض البوليك فقط في المستقيم بينما تكون الأنابيب بكاملها قائمة بالإفراز ولكن حامض البوليك يظهر داخل الأنابيب في حالة هركات الحشرات ثنائية الأجنحة مما يدعو إلى الاعتقاد بأن اتجاه الإفراز يتغير بواسطة خلايا أو أن ذلك يرجع إلى انتشار أنواع مختلفة من الخلايا داخل الأنبوبة . ويكون انفصال كريات البولات مصحوباً بتغير في الأس الأيدروجيني pH من قلوى ضعيف إلى حامض ضعيف .

ويحمل حامض البوليك بواسطة لميض من الماء من تحت أنابيب مليحي إلى المستقيم وبذلك تكون المخلفات التروجينية معدلة للخروج مع البراز من خلال فتحة الشرج . وتتوقف سرعة سريان السوائل أسفل الأنابيب على السرعة التي يمر بها الماء داخلها . وقد تكون سرعة الماء داخل الأنابيب نشطة ، ولكنها ترتبط ارتباطاً وثيقاً بحركة البوتاسيوم ، ويحقد أنه ربما كان هناك بعض التفاعل الاحتكاكي بين جزيئتهما (Shaw and Stobbert, 1963) . وتتوقف سرعة حركة البوتاسيوم وبالتالي حركة الماء نسبياً على تركيز البوتاسيوم في الدم .

٢٢ - ٣ تخزين المواد الإخراجية Storage excretion

قد تعاد المواد الثابتة إلى الجسم في صورة غير ضارة بدلاً من مرورها مع البول . وهذا ما يسمى بالإخراج المخزن . ففي الجسم الدهني لحشرات كيريلولا والصراصير الأمريكية يوجد خلايا بولية خاصة تحتوي على حامض البوليك ، وتوجد مثل هذه الخلايا أيضاً في يرقات النحل (من غشائية الأجنحة) . وفي مثل هذه الحشرات تكون أنابيب مليحي غير موجودة أو غير عاملة ، ولكن حامض البوليك قد وجد أيضاً ضمن محتويات خلايا أخرى غير متخصصة في أنسجة شتى في الحشرات التي تكون أنابيب مليحي بها عاملة . وعليه فقد وجدت بلورات حامض البوليك في الخلايا الدهنية العادية في بعض الكيولكس (من ثنائية الأجنحة) وفي الخلايا الدهنية وخلايا البشرة في اليساريع . في مثل هذه الحالات ربما كان حامض البوليك وهو الناتج النهائي لعملية الأيض في هذه الخلايا خاصة . وعليه ففي حالة تحول هذه يرقات إلى عذارى ، تدفع هذه المخلفات إلى أنابيب مليحي حيث تخرج مع البراز الجنيني Meconium ويتواجد حامض البوليك أيضاً في خلايا بشرة حشرة رودنيس أثناء الإنسلاخ ، حيث يتخلص منه عقب كل عملية انسلاخ .

وفي حشرة *Dytiscus* توجد مخازن مستعدة لحامض البوليك في البشرة حيث يدخل هذا الحامض في تشكيل المادج اللونية الخاصة بالحشرة . وتؤدي الزيادة المضطربة في حامض البوليك أثناء حياة الحشرة إلى ظهور العلامات البيضاء في الأعمار الأخيرة للحشرة وبالمثل فإن ٨٠٪ من حامض البوليك في أوى دقيق الكرب (حرشقية الأجنحة) الذي يتجمع في طور العذراء يتم تخزينه بصفة رئيسية في حراشيف أجنحة الحشرة اليافعة . وتخزن يرقات ثنائية الأجنحة الكالسيفرات في الدهن ، بينما تخزن حشرة رودنيس الحديد الناتج من هضم الهيموجلوبين في أمعائها في السنج الطلائع للأسماء كما تخزن البلى blln في الخلايا الكلوية وتخزن الخلايا الكلوية عموماً جزيئات من مركبات غروية وتحتوي الخلايا الكأسية للسلى الأوسط في اليساريع و يرقات الحشرات حرشقية الأجنحة على المعادن الثقيلة في صورة كبريتات .

٢٢ - ٤ تنظيم الماء والأملاح Salt and water regulation

يتراوح المحتوى المائي لجسم الحشرة ما بين ٥٠ إلى ٩٠٪ من وزن الجسم بما في ذلك الجليد ، وحيث أن المحتوى المائي للجليد منخفض نسبياً فإن المحتوى المائي للأنسجة الحية تكون أعلى من ذلك ونقص المحتوى المائي للحشرة يؤدي بها إلى الهلاك ؛ فمثلاً تموت كل من حشرتي *Rhodnius* و *Tenebrio* إذا ما حبط المحتوى المائي لجسمها من ٧٥ إلى ٦٠٪ ويعبر وجود الأملاح المعدنية في الأنسجة هام أيضاً ، لاقى معادلتها المطلقة فقط ، بل قد تكون

تركيزاتها النسبية هامة أيضاً . وتقوم كل من الأملاح والماء معاً بتوليد مؤثرات شعرية (أسموزية) تتحكم في توزيع الماء . وعليه فهناك توازن رئيسي ، وبالتالي فإن الوضع داخل الأنسجة يرتبط بذلك الموجود في الدم وعليه فإن تنظيم الماء والأملاح في الحشرات يرتبط بالماء .

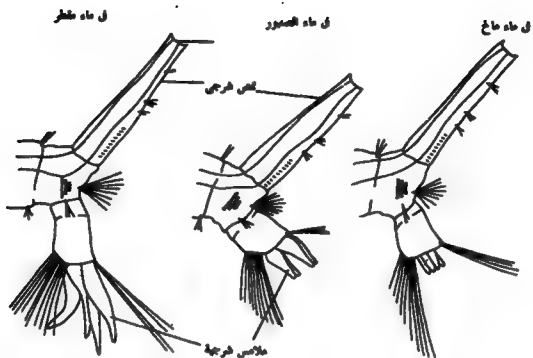
وتختلف مشاكل الحشرات في تنظيم الماء والأملاح تبعاً لبيئتها ، حيث يكون للحشرات الأرضية مشاكل مختلفة عن تلك التي تعيش في الماء العذب أو الماء المالح . والحشرات الأرضية تفقد الماء بالتبخر من جميع سطح الجسم والفتحات التنفسية فضلاً عن فقدته في البول . ولكي تستطيع الحياة ، يجب عليها أن تجعل الفاقد من الماء بهذه السبل في أضيق الحدود ، كما يجب عليها تعويض الفاقد من مصادر أخرى ، وقد نوقش هذا الموضوع عند استعراض تركيب الجليد والجهاز القضي .

٢٢ - ٤ - ١ توازن الأملاح

يتغير توازن الأملاح الموجودة في دم الحشرات الأرضية تبعاً لما تمتصه الحشرة من الأملاح التي توجد في طعامها . ويتم موازنة هذا الدخول بواسطة أنابيب مليمي وما يتبعه من امتصاص الأملاح الإغترابي في المستقيم . وتستطيع الكثير من الحشرات أن تنظم تركيب الدم بصرف النظر عما يتضمنه الغذاء من أملاح . وفي الغالب يختلف التركيب الأيوني للدم اختلافاً واسعاً عنه في الطعام ، مما يؤكد قدرة الحشرة الفعالة على تنظيم هذا التركيب ، وكفاءة الجهاز الإغترابي الضخمة الذي يقوم بالصبة الأكبر في هذا السبيل .

٢٢-٤-٢ حشرات المياه العذبة

تعمل حشرات المياه العذبة إلى فقد الأملاح في الوسط التي تعيش فيه وذلك نتيجة للإخراج و نفاذية الجليد ، ولكن الكمية التي تفقد منها في الإخراج تنخفض إلى أدنى مستوى حيث تعيد الحشرة إمتصاصها في المستقيم . ومن المعروف أن الصوديوم والبوتاسيوم ، والكلوريد يمد امتصاصهم ، ويتم هذه العملية بنشاط في حالة الصوديوم والكلوريد ، على الأقل ، ويتم تنظيمها تبعاً لتركيب الدم (Shaw and Shoobert, 1963) . وعلى أي حالة فإنه بالرغم من إعادة الامتصاص الكامل لمظم الأيونات في المستقيم ، فإن الضغط الأسموزي للسوائل داخل المستقيم لايزيد أبداً عن ٦٠ ٪ من الضغط الأسموزي للدم . ويرجع هذا الضغط الأسموزي المرتفع إلى وجود الأمونيا - وربما كانت على هيئة كربونات الأمونيا - التي تفرز مباشرة داخل المستقيم . ويمكن لهذه الحشرة الحصول على بعض الأملاح من طعامها ، ولكن بالإضافة إلى ذلك ، فإن لبعض اليرقات القدرة على الحصول على الأملاح من المحاليل المخففة للغاية . وهذا يتعلق على يرقات بعوض الأيدينس ويرقات الهموش التي تحصل على الأملاح عن طريق ملامستها الشرجية . ويزيد حجم هذه الملامس الشرجية في حالة اليرقات التي تعيش في محاليل منخفضة التركيز للغاية (شكل ٢٢ - ٦) ، حيث يزيد السطح الكبير لهذه الملامس من قدرة الحشرة على الحصول على الأملاح ، ويمكن الحصول على الأملاح أيضاً بواسطة عياشيم المستقيم في حالة يرقات *Anisoptera* ، ولكن لامتياز كل يرقات المياه العذبة بمثل هذه المقدرة ، وعلى سبيل المثال لايمكن اليرقات *Anisoptera* الحصول على الكلوريد بهذه الوسيلة .



(شكل ٢٢ - ٦) التغيرات لوقت كوكبي التي ترى في بيئات مختلفة ، وواضح هذا الاستطال في حجم الملاص الفرجية (عن ولفسورث ١٩٩٥) .

القسم الخامس

الجهاز العصبي والجهاز الحسي

The nervous and sensory systems

الفصل الثالث والعشرون

الجهاز العصبي

THE NERVOUS SYSTEM

الجهاز العصبي هو جهاز توصيل يؤكد سرعة أداء الوظيفة والتعاون بين المؤثرات ، وتحويل الاستجابة للمؤثرات وفقاً لما تزوده بها الأعضاء الحسية الخارجية (المحيطية) . والوحدة الأساسية في الجهاز العصبي هي الخلية العصبية nerve cell التي يخرج منها زوائد طويلة أو محاور عن طريقها تنتقل النبضات العصبية . وتتجمع أجسام الخلايا العصبية لتكوين العقد العصبية ganglia، بينما تكوّن حزم المحاور axons الأعصاب nerves .

و يدخل في تركيب الجهاز العصبي مكونات أخرى تصاحب الخلايا العصبية وتختص بتغذيتها والدعم الميكانيكي لها . ويتكون الجهاز العصبي المركزي Central nervous system من المخ Brain ، ويقع في المنطقة الظهرية في الرأس ، وسلسلة بطنية من العقد الحلقية التي تخرج منها الأعصاب إلى أعضاء الحس الخارجية (المحيطية) والجهاز العضلي . ويوجد جهاز فمي معوي Stomatognathic System ، يتركب من عدد من العقد العصبية الصغيرة تتصل بالمخ والأعصاب الموصلة وتتحكم في حركة القناة الهضمية .

والتوصيل العصبي خلال محاور عصبية عملية كهروكيميائية تتأثر بتركيب السائل الذي يمر في الأعصاب . ولكن المحاور لا تكوّن نظاماً مستمراً ، وتفصل المحاور المتتالية عن بعضها بفجوات تظهر معظم صغيرة . وتدخل حركة الكيماويات في انتقال النبض أو السيل العصبي impulse خلال هذه الفجوة . إلى المحاور التالية . وتظهر معظم النبضات نتيجة لتنبيه أى عضو حسى sense organ ، وتلف بعض الخلايا العصبية تعطى نبضات تلقائياً .

٢٣-١ تركيب الجهاز العصبي Structure of the nervous system

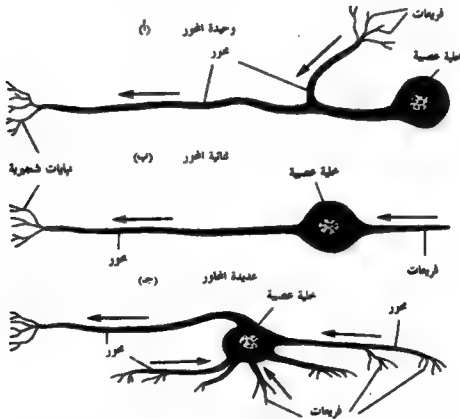
٢٣-١-١ الخلية العصبية

الخلية العصبية هي المكون الأساسي للجهاز العصبي، وهي عبارة عن خلية جسمية تحتوي على النواة ، وزوائد سيتوبلازمية طويلة تمتد لتتصل مع خلية عصبية أخرى . ويسمى جسم الخلية العصبية الجسم Soma أو المحيط بالنواة Perikaryon ، بينما تسمى الامتدادات السيتوبلازمية بالمحاور العصبية (axons) . وعادة ما يكون المحاور العصبي فروعاً وفرعاً Collaterals وتنتهي بفرعيات شجرية arborisation . وينتقل النبض العصبي nerve impulse من خلية لأخرى خلال المحاور . وكل جزء من خلية عصبية يكون متخصصاً في استقبال التنبيه الذي ينشط التوصيل في المحور .

وتعرف هذه الأجزاء بالفروع *dendrites* وهى تمتد مباشرة من الخلية العصبية أو تحتل النهاية البعيدة (الطرفية) للمحور ، وفى تلك الحالة لا يوجد فرق تشريحي بين المحور والفروع . ويسمى الجانب الذى ينتقل فيه تأثير خلية عصبية لأخرى بالشبك العصبى *synapses* وأغلب الخلايا العصبية الوحيدة القطب *monopolar* لما لمحور عصبى واحد يمتد من الخلية العصبية (شكل ٢٣ - ٣١) ، ولكن الخلايا الحسية المحيطية (الخارجية) تكون ثنائية القطب *bipolar* ، ذات فروع قصيرة تستقبل التنبيه من الجو ، ويمتد المحور الرئيسى *proximal axon* حتى العقدة العصبية المركزية (شكل ٢٣ - ١ ب) .

وبعض الخلايا الحسية عديدة المحاور (شكل ٢٣ - ١ ج) وتكون موجودة فى عقدة تحت المخ *hypocerebral* والعقدة الجذبية *Frontal* ، وتكون كذلك متصلة بالمستقبلات الحسية المطاطة *Stretch receptor* .

وتوجد الخلايا الحسية التى تخصص باستقبال التنبيه خارجية (محيطية) تمتد فروعها حتى الجليد والمحاور الموصلة إلى الجهاز العصبى المركزى ، ولذلك تسمى المحاور الحسية أو الموصلة *afferent or sensory axon* . وتوجد أخرى تصل بين الجهاز العصبى المركزى والمضو الذى يؤثر فيه وتسمى بالألياف المصنّرة أو الحركة *efferent or motor fibres* . وتقع خلاياها فى العقد العصبية للجهاز العصبى المركزى . وقد تتصل الألياف الموصلة مباشرة مع ألياف مصنّرة ، ولكن غالباً ماتوجد خلية عصبية أو أكثر وسيطة *Interneural interneurons* وهى توصل بين الاثنين .

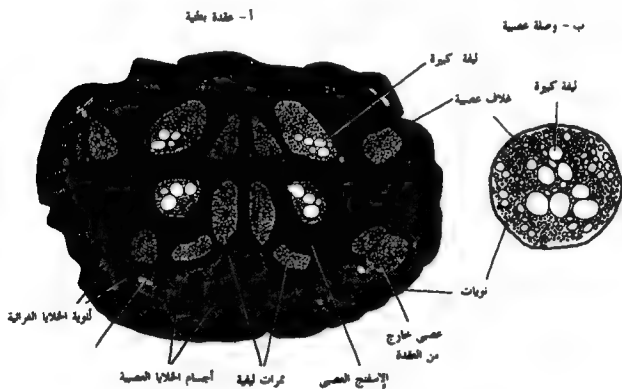


(شكل ٢٣ - ١) رسم تخطيطي للأشكال المختلفة من الخلايا العصبية فى الجهاز العصبى للمحشرات .
الأسهم توضح اتجاه التوصيل العصبى

ولا توجد أجسام الخلايا العصبية منفردة ولكنها تتجمع لتكوّن الجهاز العصبي المركزي . وتشتمل على الجهاز العصبي المركزي مع الأعصاب الخارجية والجهاز العصبي القمي المعوي *Stomatogastric n.s.* ولأغلب الحشرات البافعة جليد خارجي صلب ، ولا يوجد له أعصاب تحت البشرة ، ولكن توجد في بقعة *Rhodnius* (مختلفة الأجنحة) ، على الأكل ، محاور عصبية مفرزة *neurosecretory axons* مكونة من كتلة العقدة العصبية البطنية وتمتد إلى جدار البطن ويخترق الغشاء للبشرة ، ولكن توجد أعصاب تحت البشرة ١: اليرقات ذات الجليد الرقيق التي تتكون من ألياف الخلايا العصبية عديدة المحاور .

٢٢-٩-٧ الجهاز العصبي المركزي

تتجمع أجسام الخلايا العصبية المحركة والوسيلة (الموصلة) لتكوّن العقد العصبية حيث تتجمع في المحيط . ويشغل المادة العصبية النخاعية *neuroglia* مركز العصبية ومركب من الأعصاب الموردة ، وألياف وسيطة ومصدرة ومركبات غرائية *glial elements* قد توجه مجموعات من الألياف خلال المادة العصبية النخاعية مكونة ما يسمى بالممر *Fibre tract* ولا توجد أى خلايا عصبية في المادة العصبية النخاعية .



(شكل ٢٢ - ٧) مقطع عرضي أ - العقدة البطنية ب - وصلة بين عقدة بطنية في الصرصور (رويبر ١٩٥٣ ، ١٩٦٣)

ويوجد في جنين كثير من الحشرات زوج من العقد العصبية في كل حلقة من حلقات الجسم ، وهي تغطي دائماً بعض الرؤية عن الجهاز العصبي البدائي قبل خروج الحشرات من البيض وما يحدث به من تطور بعد جنينى والعقدة العصبية الأمامية هي المخ أو العقدة الخفية وتقع أعلى المريء وفي منطقة الرأس وهي تضم واحدة أو أكثر من العقد العصبية حسب عدد حلقات الرأس . ويمتد منها زوج من الوصلات على جانبي المريء تتصل بأول عقدة عصبية في سلسلة من العقد تقع في الجهة البطنية في التجويف الدموي haemocoel

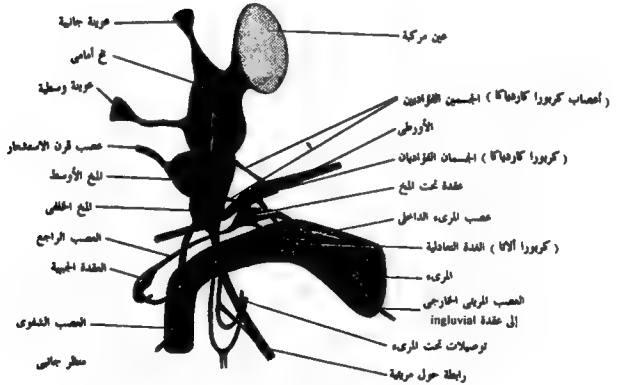
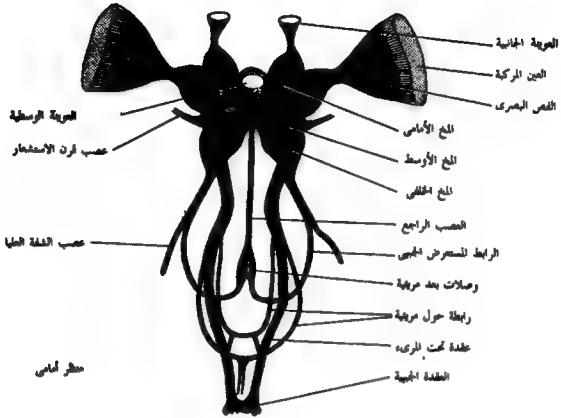
وتتصل العقد العصبية مع بعضها بموصلات connectives تتكون من محاور وخلايا مدعّمة (شكل ٢٣ - ٢) ، بينما يمتد فروع من كل عقدة عصبية إلى الأعضاء الحسية المحيطية (الخارجية) والأعضاء المتحركة ، والأعصاب المحيطية peripheral nerves . وهي عبارة عن تجمع الألياف العصبية الحسية والحركة (شكل ٢٣ - ٥) . وفي بعض الحالات على الأقل يحتوي الجزء الظهري من كل جزء عصبي على ألياف محركة ، بينما الجزء البطنى يحتوي على ألياف حسية . وتحتوى أعصاب قليلة (مثل تلك التى تخرج من العقد البطنية إلى القرون الشرجية في الصرصور) على ألياف حسية . ويعتقد أن المحاور في أغلب الأعضاء الحسية في الحشرات تمتد إلى العقد العصبية للحبل العصبي المركزى بدون شَبِك عصبي ، على الرغم من أن المحاور قد تتصل بعدد من الخلايا لتكوين محورا مركبا . في قرن استشعار حشرة Rhodnius (حيث تكوّن محاور ٤٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ شعرة حسية من أنماط مختلفة) تتجمع المحاور في النهاية وتتصل الأطراف مع بعضها لتكوين حوالى ٣٠٠٠ محورا مركبا . أما في قرون استشعار دودة الحرير ، فتبقى جميع المحاور الحسية منفصلة (بوبك وآخرون ١٩٦٥) .

وتقع مستقبلات الحس الكيماوى على الملئس الشفوى في شبكة الأجنحة ذات الخلايا العصبية عديدة المحاور التى تتصل بالجهاز العصبي المركزى (اسنر ١٩٥٣) . وتعرف الخلايا العصبية التى توصل بين الخلايا المستقبلية والجهاز العصبي المركزى بالخلايا من الدرجة الثانية .

المخ Brain : المخ هو مركز الربط الأساسى للجسم ، ويستقبل التنبيه الحسى من أعضاء الحس في الرأس ومن خلال الألياف الموصلة (الرابطة) ومن العقد الخلفية . ويصل التنبيه المحرك من المخ إلى عضلات قرون الاستشعار ، حيث يمر خلال الألياف مثل الحركة الموصلة Permotor internuncial إلى العقد الخلفية ، ويتحكم المخ في نشاطات بقية الجهاز العصبي لحدا ما ، كذلك يتحكم في سلوك الحشرات ومنها التعليم .

ومناطق المخ هي المخ الأمامى Protocerebrum والمخ الأوسط deutocerebrum ، والمخ الخلفى tritocerebrum (شكل ٢٣ - ٣) .

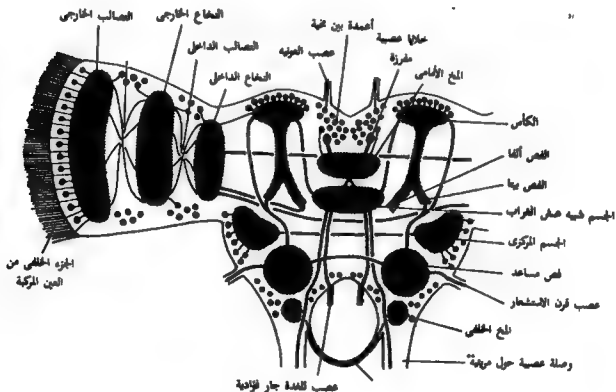
المخ الأمامى Protocerebrum : المخ الأمامى ثنائى الفصوص ويمتد جانبيا مكوناً الفص البصرى optic lobe ، وفي الحشرات سفلية الرأس hypognathous يحتل الوضع الظهري في الرأس . ويعتبر المخ الأمامى أهم جزء مركب في المخ وتتركز الخلايا العصبية في المنطقة الخارجية بينما المنطقة الوسطية يشغلها المادة العصبية النخاعية كما هو الحال في العقد العصبية الأخرى .



(شكل ٢٣ - ٣) منظر أمامي وجانبي للمخ والجهاز العصبي السفلي لـ الجراد (البوت ١٩٥٣) .

وعلى الناحية الجانبية لكل جانب من الخط الوسطى الظهرى ، توجد كتلة من الخلايا تكون العُمد البين غنية (Pars intercerebralis) (شكل ٢٣ - ٤) وتخرج من الخلايا الداخلية ألفا إلى الأعصاب البصرية ، بينما تدخل الألياف الممتدة من الخلايا الجانبية إلى قطرة المخ الأمامى (Pars Cerebralis) وتتصل الكتلة الوسطى من المادة العصبية النخاعية بأجزاء أخرى كثيرة من المخ وجوء من الأجسام الشبيهة لعيش الغراب (Carpora Pedunculata) . كذلك خلال الأجزاء البين غنية وتمتد الخلايا المفرزة إلى المحاور التي تتصلب مع بعضها في المخ حتى الجسمان القُوديتان Carpora Cardiac (كربورا كاردياكا) .

وعلى جانبي الأجزاء بين الغنية توجد غدة شبيهة لعيش الغراب . كل جزء منها عبارة عن مجموعة من أجسام الخلايا التي توجد فوق قمة من المادة العصبية النخاعية هي الكأس Calyx الذي تمتد منه الحويوط بطنيا قبل انقسامها إلى فصين ، يتميزان إلى ألفا وبيتا . والألياف في أجسام شبيهة لعيش الغراب هي الأخرى عبارة عن تمطين ينشأان من الخلايا المرتبطة . ترسلان أفرع إلى الكأس والفصين ألفا وبيتا ، ولكنها لا تمتد خارج الفص . الأعماط الأخرى من الألياف هي التي تنشأ من أجسام الخلايا في أماكن أخرى من المخ . والتوصيلات التي تصل للكأس والفص ألفا تكون حسية ، بينما تتشابه النهايات في الفص بيتا مع الألياف المحركة خاصة في الألياف الرابطة (الموصلة) التي تفصل الألياف المحركة .



(شكل ٢٣ - ٤) رسم تخطيطى للمخ بين المخاط للهامة للمادة العصبية النخاعية والقليل من التوصيلات الرئيسية بين المخاط . القطع السوداء تمثل مناطق تحوى على أجسام الخلايا العصبية .

والجسم شبه يعيش الغراب عبارة عن مكان تتجمع فيه التنبيهات المختلفة من مصادر مختلفة وعادة ماتكون مرتبطة بمركب السلوك . وهى تكون صغيرة فى ثنائية الأجنحة والرعاشات ، ومتوسطة الحجم فى غمديّة الأجنحة وكبيرة فى مستقيمة وحرشفية الأجنحة .

يوجد فى مركز المخ الأمامى كتلة من المادة النخاعية تكوّن الجسم المركزى الذى تدخل فيه العديد من المحاور العصبية من أجزاء كثيرة من المخ . ومن المعتقد أنه هو المصدر الأكبر للسبالات المهركة من المخ للحبل البطنى .

الفصوص البصرية Optic lobes : الفصوص البصرية عبارة عن امتداد جانبي للمخ الأمامى وخاصة للعيون المركبة . وكل منها تتكون من كتل من المادة النخاعية تسمى العقدة العصبية الصفائحية *Lamina ganglionaris* والنخاع الخارجى ، والنخاع الداخلى ، بالإضافة إلى أجسام الخلايا العصبية لها والوصلات (شكل ٢٣ — ٤) .

تمر محاور خلايا الشبكية خلال الغشاء القاعدى خلف العين فى منطقة العقدة العصبية الصفائحية *Lamina ganglionaris* ، الذى فيه تتشابك مع الخلايا العصبية وحيدة المحور ، وتمتد المحاور للنخاع الخارجى (شكل ٢٣ — ٤) . ويوجد كذلك خلايا عديدة المحاور فى طبقة خنف العين .

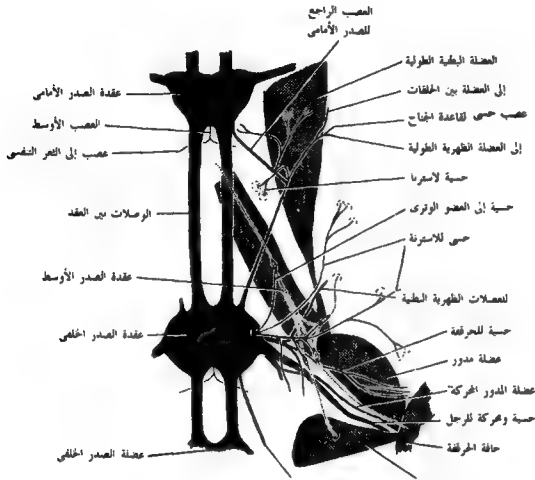
تمر بعض الألياف التى قد تكون محاور مستقبلات الحس الميكانيكية على سطح العين مباشرة من العقدة العصبية الصفائحية *Lamina ganglionaris* إلى المخ الأمامى ، ولكن تمر الغالبية إلى النخاع الخارجى حيث تتصلب مع بعضها مكونة التصلب الخارجى بين طبقتى المادة النخاعية . والتصلب الثانى هو التصلب الداخلى ، ويقع بين النخاع الخارجى والداخلى . وتمتد محاور أجسام الخلايا إلى تلك الأجهزة ، وتقع فى المحيط وفى مجموعات خارج النخاع الخارجى .

والألياف الواردة من النخاع الداخلى تنقسم إلى قسمين فى حرشفية وثنائية الأجنحة ، وتمر إلى المخ الأمامى ، وتتصل الممرات الأمامية والخلفية بالفص البصرى على كلا الجانبين . وتمر المحاور الأخرى مباشرة إلى الحبل العصبى .

المخ الأوسط Deutocerebrum : يحتوى المخ الأوسط على الفصين الشمين اللذين ينقسمان إلى مناطق ظهرية حسية وأخرى بطنية محركة وأعصاب قرن الاستشعار التى تدخل هذا الجزء من المخ هى أعصاب حسية محركة وتكون متماثلة . وتحتوى المادة النخاعية الحسية على عدد من المناطق الداكنة (شكل ٢٣ — ٤) . ويتصل الشعر فى كلا الجانبين بوصلات . وتتصل الممرات اللغوية الحسية والمحركة مع الفص الشمى بالأجسام شبيهة عيش الغراب ، وتمر الألياف الأخرى للمخ الخلفى .

الحبل العصبى البطنى Ventral nerve cord : العقدة العصبية الأولى فى السلسلة البطنية هى عقدة تحت المرىء *subocophageat* وهى عقدة مركبة تقع فى الناحية البطنية من الرأس . وتتكون من التحام عدة عقد وهى حلقات الفكين الأمامى والخلفى والشفة السفلى . وهى ترسل مجموعة مختلطة من الأعصاب الحسية والمحركة للفكوك العليا والسفلى والشفة السفلى ، وزوج أو زوجين آخرين للعنق والفخذ العلوية . ومغطياً يوجد ٣ عقد صدرية يخرج من كل منها ٥ أو ٦ أعصاب على كل جانب ، حيث تغذى العضلات والشعيرات الحسية فى الصدر وزوائده (شكل

٢٣ - ٥) ويختلف ترتيب الأعصاب ، ولكن العصب الأخير في كل حلقة يكون عصباً مشتركاً مع العصب الأول من الحلقة التالية .



(شكل ٢٣ - ٥) مظهر منظر من الخيل العصبى البطنى فى الصدر للجراد توضح بعض الأعصاب للحلقة الصدرية الوسطى (كامل ١٩٩١)

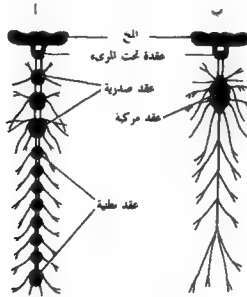
ويوجد العدد الأكبر من العقد العصبية البطنية فى اليرقات أو فى الحشرات غير الكاملة وهى ٨ عقد كما فى ذوات الذنب الشعرى ، البراغيث ، وكثير من اليرقات (شكل ٢٣ - ٦) ، ولكن العقد دائماً ما تكون مركبة وخاصة فى الأربع عقد الأخيرة . وقد يحدث فى غالبية الحشرات الكاملة وبصفة خاصة فى العقد البطنية . وفى الحالات الشاذة (النادرة) قد تندمج جميع العقد البطنية فى عقدة واحدة ، كما فى الذبابة المنزلية (ثنائية الأجنحة) (شكل ٢٣ - ٦ أ) .

والعقد العصبية البطنية هى أقل حجماً من مثيلاتها فى الصدر ، وعموماً .. فالأعصاب المحيطية الخارجة من كل منها تكون أقل كذلك ، كما أن تفرع الأعصاب يكون أقل ومختلفاً ، ويعكس البساطة النسبية فى عضلات البطن

(شمت ١٩٦٢) . في أغلب الحالات تغذى عضلات أى حلقة بأعصاب من العقدة في نفس الحلقة ، وذلك يرتبط مع الوضع التشريحي لكل حلقة ، ولكن يوجد في الصدر على الأقل توزيع عصبي للمحاور الخارجة من عقل مجاورة وبعض الأعصاب الحسية كذلك قد تكون بين حلقتي .

ويوجد عصب وسطي بين الموصلات بين العقد حيث يمر هذا العصب من خلف كل عقدة ويتفرغ عرضيا إلى أن ينتهي في عضلات الثغور التنفسية والجناحين (شكل ٢٣ - ٥) .

ولا يمتد العصب الوسطي في الصدر أسفل أصل الفروع الجانبية ، ولكن في البطن ويكون وصلة كاملة تمتد من عقد عصبية إلى التالية . وفي يرقة *Aeschna* (الرعاشات) يحتوى العصب الوسطي على أربع محاور ، ٢ محرقة و٢ حسية ، وكل محور يتفرغ إلى فروع يتزود كل جزء من الجسم بإحداها .



(شكل ٢٣ - ٦) أخصى والمثل نظامين لتوزيع العقد العصبية في الجهاز العصبي المركزي موضحا أ - الحد الأدنى من الاصصام ب - الحد الأقصى من الاصصام (الاندماج) (عن هوردج ١٩٦٥)

٢٣-١-٣ الجهاز العصبي السمبثاوي (أو المريئي أو القمي المعوي)

يتكون هذا الجهاز من عدد من العقد العصبية والأعصاب المتصلة بها . ويوجد فوق المرقن أمام المخ العقدة الجذبية *Frontal ganglion* التي ترتبط بالفص الخفي الثالث بعصب على كلا الجانبين ، وفي بعض الأحيان يوجد عصب جبهى يمتد للأمام من العقدة إلى جدار البلعوم ، وللخلف يوجد عصب متوسط راجع يمتد على طول المرقن أسفل المخ ويتصل مع العقدة العصبية تحت الخفية *hypocerebral ganglion* مباشرة خلف المخ (شكل ٢٣ - ٣) . وجانبيا تتصل تلك العقدة مع غدة كوربورا كاردياكا *Corpora Cardia* ، وتفر المحاور إليها من المخ خلال أعصاب غدة كوربورا كاردياكا *Corpora Cardia* . وفي بعض الأحيان قد ترتبط بعقدة تحت المريء بعصب آخر . وعلاوة على

ذلك يخرج عصب أو اثنان منها للخلف على سطح القناة المضغمية إلى العقدة العصبية المعدية *inglivial ganglion* التي تقع في النهاية الخلفية للعمى الأمامي . من العقدة العصبية المعدية *inglivial ganglion* تنتشر أعصاب أخرى على سطح العمى الأمامي وقد تمتد إلى العمى الأمامي وق تمتد إلى العمى الأوسط . في الجراد (مستقيمة الأجنحة) تضم هذه الأعصاب محاور عصبية مفرزة التي من المحتمل أن يكون أصلها في المخ ومن العصب الرابع ، ثم ترسل محاور عركية إلى عضلات جدار المعدة حيث تعمل كمركز للحركة *motor relay centre* ، ينظم التوصيل الحسي بالتنبيه المحرك من المخ .

وقد تتحكم العقدة الجبية في حركة ابتلاع الغذاء . وللعقدة تحت الهية بعض التأثير ، ولكن بعض حركات العمى الأمامي والأوسط يتحكم فيها العقدة العصبية المعدية *inglivial ganglion* . وقد يكون للعقدة الجبية دوراً في التحكم في إفراز غدة كوربوراكاردياكا *Corpora Cardiac* .

٢٣- ١ : التركيب النسيجي (المستولوجي) للأعضاء العصبية

توجد نفس الوحدات الأساسية في الجهاز العصبي وعلى ذلك ، فالوصف التفصيلي لعقدة عصبية (شكل ٢٣ - ٧) يفنى عن دراسة باقي الجهاز . أما المستقبلات الحسية فستتناولها بالتفصيل فيما بعد (الفصول ٢٤ ، ٢٥ ، ٢٦) .

الغلاف العصبي *Nerve sheath* : يُغلف الجهاز العصبي بغلاف يتميز إلى طبقتين هما الغلاف العصبي *neural lamella* وغلاف الخزمة العصبية الخلوى *Perineurium* . ويحتوي الغلاف العصبي على طبقة خارجية متجانسة تحتوي على خيوط مرتبة على مسافات ضيقة وطبقة أكثر سمكاً تتكون من لويغات غروية *Collagen* مرتبة عشوائياً ، رغم أنها موازية للمسطح . والغلاف الخارجي قد يكون من إفراز خلايا الخزمة العصبية *Perineurium* .

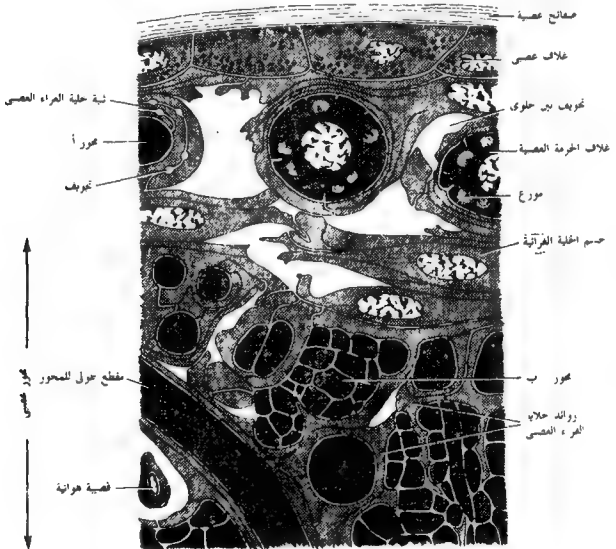
وهذا الغلاف العصبي يعطي دعامة ميكانيكية للجهاز العصبي المركزي ، حيث يربط الخلايا والمحاور مع بعضها ، ويسمح بالمرونة المطلوبة أثناء حركة الحشرات ، وهذا الغلاف منفذ ، ولكن قد يمنع الضغط اغيدروستاتيكي الذي قد يتولد في الغلاف كنتيجة للزيادة الأسموزية الناتجة من معامل ائزان دونان *Donnan equilibrium* عبر الغلاف .

طبقة الخزمة العصبية *Perineurium* عبارة عن طبقة رقيقة من الخلايا أسفل الغلاف الخارجي (شكل ٢٣ - ٧) وتحتوي هذه الخلايا على الأجسام السحبية التي تكون غالباً في عناقيد ، وهي تختص بتمرير المواد العضوية والأصلاح إلى النسيج المحاور . وهي تحتوي على كمية كبيرة من النشا الحيواني (الجليكوجين) الذي من اعتمل أنها حصلت عليها من خلايا الأجسام الدهنية المرتبطة بالحبل العصبي . وتحدث حركة نشطة للأيونات في الغلاف ، كما هو الحال في الصوديوم في حشرة *Carausius* ، حيث تكون تلك الخلايا هي المسؤولة عن هذه الحركة . والغلاف الذي يحيط بالأعصاب الخارجية غلاف رقيق وخالي من اللويغات ويشبه الغشاء القاعدي .

خلايا الغراء العصبي *Glial cells* : يحاط كل جسم خلية عصبية إحاطة كاملة بخلية أو أكثر مكونة غلافاً عازلاً وإقياً وتسمى هذه الخلايا بخلايا الغراء العصبي *glial cells* وتكون ملاصقة للخلية العصبية . وتوجد أجسام الخلايا الأخرى على سطح المادة النخاعية ومنها تمتد بروزات للداخل لتلامس المحاور . وربما كان الغلاف الموجود حول

المحور مكوناً من ثنية واحدة ، وقد تتكرر عدة مرات ، وبالتالي توجد عدة طبقات مكونة للغلاف (شكل ٢٣ — ٧ محور أ) . ولكن يمكن الحصول على نفس التأثير بعدة خلايا متداخلة ، بينما في حالة المحاور الصغيرة قد يندمج عدد كبير منها داخل غلاف من خلايا الغراء العصبي (شكل ٢٣ — ٧ محور ب) . وقد تقوم خلايا الغراء العصبي بعزل المحاور عن بعضها البعض ، ولاتكون أماكن الشبك العصبي synapses ، إلا في أماكن غياب خلايا الغراء العصبي . وتنقل الغراء العصبي المواد المغذية لجسم العصية ، وهذا يكون سهلاً عن طريق الزوائد الأصعية التي تنغمس في الخلية العصبية .

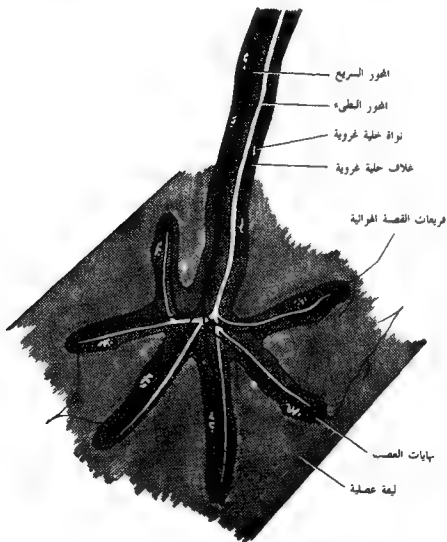
ويوجد بين خلايا الغراء العصبي مسافات بين حلوية وهذه تتركز في المحيط ، وتكون أكثر وجوداً في منطقة المادة النخاعية . ويمر السائل الموجود في المسافات بين الحلوية خلال المكونات العصبية مباشرة وبالتالي يكون له أهمية كبيرة في عملية التوصيل العصبي . وهو يختلف في مكوناته عن الهيمولف ، حيث يكون تركيز الصوديوم



شكل (٢٣ ٧) رسم تخطيطي لمقطع عرضي لجزء من عقدة عصبية عظمية توصلح توزيع الانسجة المختلفة

والبوتاسيوم أعلى والكلوريد أقل . ونتيجة لمعامل إتران دونان $Donnan\ equilibrium$ عبر الغلاف العصبي والتركيز العالي من الأيونات خلال الغلاف ، تنشأ زيادة أسموزية في المسافات بين خلوية ، وعلى ذلك ضغط (لتوازن السوائل) من خلال الغلاف .

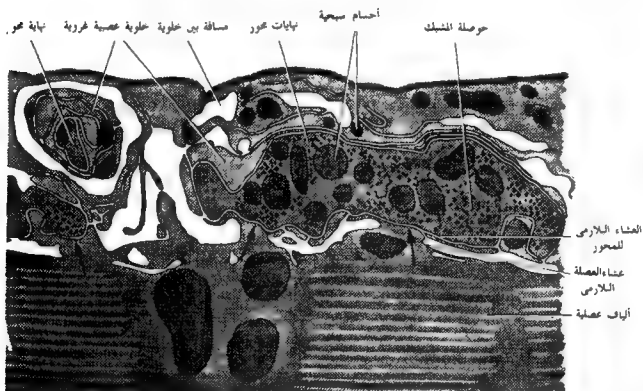
العصبونات Nervous : تقع العصبونات هربيا من محيط العقدة العصبية عند الجزء السفلي لغلاف الخزمة العصبية . وفي جسم الخلية يوحد بالقرب من النواة كتل من الأجسام السبحية ، والأجسام الشريطية (ريبو سومات) ومجموعة متحدة من الأغشية تسمى الموزعات dictyosomes وهذه تأخذ غالباً شكل الهلال ، وتتصل مع حوصلة صغيرة . وقد يكون وجود تلك التركيبات مرتبطا بالمحتويات الخلوية والإفراز .



(شكل ٢٣ - أ) رسم تخطيطي لاتصال العصب بالعقدة في حشرة من مستقيمة الأجنحة

المادة العصبية النخاعية Neurospite : تتكون المادة العصبية النخاعية من كتلة من المحاور العصبية من جميع الأنواع وخاصة نهاياتها الشجرية ، وذلك مع غلافها المكون من مكونات غراية glial elements . وتقل الغريمات الدقيقة من الجهاز العصبي ، وكذلك مادة الغراء العصبي في مركز النخاع العصبي وقد تنعدم ، وعلى ذلك تكون المحاور متلامسة مع بعضها . ومن المعتقد أن أغلب التشابك العصبي يحدث في النخاع العصبي .

الشبك العصبي Synapses : يتكون الشبك العصبي في أماكن غياب خلايا الغراء العصبي . وعلى ذلك تقع المحاور قريبة جداً من بعضها ، وتبتعد أعشيتها من بعضها فقط عند الثغرات الموجودة في الشبك العصبي . ويتميز الشبك العصبي بوجود مواد إلكترونية بكثرة في مساحة ١٥٠ - ٥٠٠ ميكرون طول مجاور لغشاء الخلية التي يكون فيها المحوران متقاربين . وهناك مادة كثيفة تسمى الموصل (Foe) توجد خاصة في الجزء الذي يسمى قبل المشبك وتوجد الأجسام السحبية أساساً في المحاور التي توجد فيها حوصلة المشبك synaptec vesicle .



(شكل ٢٣ - ٩) الوصل العصبي العنصر في عصب الحرقلة في النحل ، من صورة بالمجهر الإلكتروني . الأسهم تشير إلى نقط تلال بين الغلاف العصبي والغلاف العنصر (ترهون ١٩٦٣)

ويوجد شبك عصبي من نمط آخر ربما يدخل فيه التوصيل الكهربائي بدلاً من التوصيل الكيماوي ، ويحدث بين الخلايا العصبية في الأجسام شبيهة عيش القرباب . في ذبابة الفورميا توجد فجوات في خلايا الغراء العصبية المحيطة بالخلايا العصبية ، وعلى ذلك تقترب أغلفة الخلايا الملاصقة كثيراً من بعضها ، وربما تكون غشاءً مركباً . ولكن لا يحدث تجمع للحوصلات في السيويلازم المتجاور (لاندولت درس ١٩٦٦) .

الاتصال العصبي العضلي *Nerve muscle junction* : يتصل العصب المحرك لعضلة في أى حشرة بكل ليفة عضلية في عدد من النقاط . وتختلف طبيعة نهاية الأعصاب ، أبسطها ما هو موجود في عضلات الطيران في ثنائية الأجنحة ، حيث تمر الفريعات العصبية الدقيقة طولياً على سطح العضلة ، أو أحياناً كما في *Tenebrio* (غمدية الأجنحة) تنغمد نهاية المحور العصبي في الليفة العضلية ، وبالتالي يحدث اتصال مع العضلة حول محيطها . وفي مستقيمة الأجنحة يتفرع المحور العصبي على سطح العضلة مكرناً ما يشبه القفاز حولها (شكل ٢٣ - ٨) . وقد يحتوى كل مكان اتصال على محور واحد فقط كما في *Tenebrio* أو أكثر من محاور ، كما في الصرصور *Blatta* (*Dictyopyra*) . ولا يوجد فرق واضح بين الروابط التي تتكون من المحاور السريعة والمحاور البطيئة ، وقد يوجدان معاً .

ويوضح التركيب الدقيق أنه لا توجد فروق بين كل تلك الأنواع (شكل ٢٣ - ٩) . وخلافاً للقراء العصبى تكون غائبة في منطقة الاتصال العصبي العضلي ، وعلى ذلك فإن الغلاف العصبي والغلاف العضلي يلتقيان مع بعضهما وينفصلان فقط في فجوة الشبك العصبي *synaptic gap* (قطرها ١٠٠ أنجستروم) . وتحتوى نهاية بلازما المحور على موصلة شبك قطرها ٢٥٠ - ٤٥٠ أنجستروم (سميت ١٩٦٥ ب) .

الفصل الرابع والعشرون

العيون والإبصار

THE EYES AND VISION

يصل الضوء للحشرات خلال عدد من أعضاء الحس المختلفة أهمها العيون المركبة . وتتركب العيون المركبة من مجموعات من الوحدات التي يتكون كل منها من نظام عدسي Lens system وعدد قليل من الخلايا الحسية . وتركز العدسات الضوء على عناصر حساسة للضوء . والنتيجة يمر من الخلايا الحسية إلى الفص البصري Optic lobe في المخ . هنا تحدث ارتباطات واتصالات معقدة من الخلايا الحسية الأخرى التي تحمل عدداً كبيراً من الصفات ، ثم تنتقل الإشارات بعد ذلك للمخ والجبل العصبي البطني .

والعين في الحشرات مكيفة لتمييز الحركة وقد يمكن تمييز الشكل العام كذلك . ولاتستجيب العين للموجت المختلفة الأطوال بدرجة واحدة . وعلاوة على ذلك فحساسيتها تختلف تحت الظروف المختلفة . وبعض الأنواع الحشرية يمكنها التمييز بين الألوان المختلفة . وقد تستجيب الحشرات للضوء ، أو غيره من المنبهات مباشرة ، أو بطريقة كمية (غير مباشرة) . وبالإضافة إلى العيون المركبة يوجد في الحورية والحشرة اليافعة في الحشرات ناقصة التطور hemimetabolous ثلاث عيون بسيطة تسمى Ocelli ، بينما في يرقات كاملة التطور holometabolous لا يوجد عيون مركبة ولكن لها عيون بسيطة Stemmata على جانبي الرأس .

ووظيفة العيون البسيطة مازال غامضة ، وربما يكون لها تأثير منه عام على الجهاز العصبي .

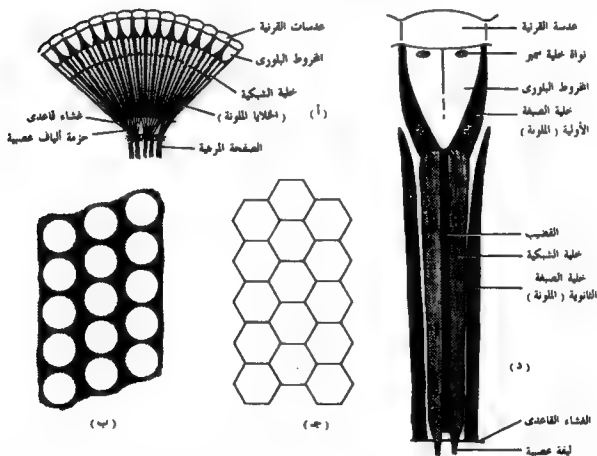
٢٤-١ تكوين وتركيب العيون المركبة

Structure of compound eyes

لأغلب الحشرات اليافعة زوج من العيون المركبة ، واحدة على كل جنب من جانبي الرأس التي تعجز (تنضج) لمدى قليل أو كبير (شكل ٢) ، ولذلك فهي تغطي مجالاً واسعاً للرؤية في جميع الاتجاهات ، ففي Notonecta على سبيل المثال ، يمتد مجال الرؤية إلى ٢٤٦ درجة أفقياً ، و ٣٦٠ درجة عمودياً . ويتداخل مجال الرؤية

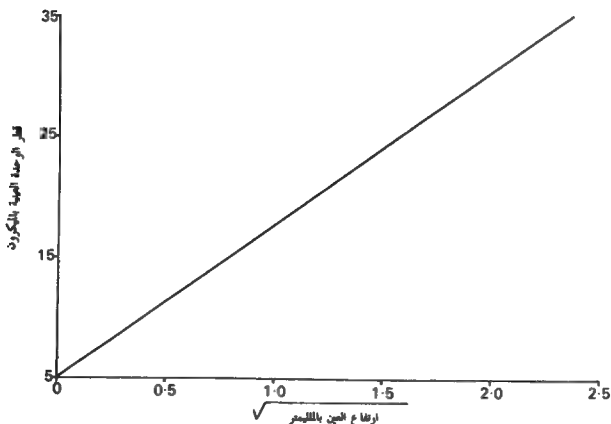
في العينين وذلك لكي تعطي رؤية مزدوجة في المنطقة الأمامية وأعلى وأسفل الرأس . في بعض الحشرات مثل *Anisoptera* وذكور الحشرات التابعة لفصليتي *Syrphidae* و *Tabanidae* تمتد العيون ظهرياً ، وتكون ملاصقة للخط الوسطي . وهذه الحالة تُسمى حالة الرؤية الشاملة *holoptic condition* . وتضمحل العيون المركبة أو تغيب في الطفيليات مثل *Siphonoptera* ، وإثاث البق الدقيقى وكذلك في الحشرات ساكنة الكهوف

وكل عين مركبة عبارة عن تجمع وحدات متائلة تسمى بالوحدات العينية *Ommatidia* التي يختلف عددها من واحدة في شغالة النمل *Poner punctatissima* إلى ١٠٠٠٠ (عشرة آلاف) في عين الرعاش *dragon fly* . وعندما يوجد عدد قليل من الوحدات العينية في تركيب عين الحشرة ، فإن أسطحها الخارجية تكون منفصلة عن بعضها بمساحات ضيقة من الجليد وتكون مستديرة غالباً ، ولكن عندما يكون عدد العيونات كبيراً ، فإن أسطحها الخارجية تكون ملاصقة لبعضها وتأخذ الشكل السداسي (شكل ٢٤ - ١) .



(شكل ٢٤ - ١) رسم تخطيطي يوضح تركيب العين المركبة (أ) مقطع في عين مركبة يوضح عملية ترتيب الوحدات العينية (ب) منظر سطحي لجزء من العين في المن الذي يكون من عدد قليل من الوحدات العينية يوضح الأسطح الخارجية منفصلة تماماً بأجزاء من الكورنيكل (ج) منظر سطحي لجزء من عين ذبابة السرفس التي تتكون من عدد كبير من الوحدات العينية ، حيث تلصق أسطحها الخارجية بدون فاصل بينها (د) تركيب وحدة عينية بالتفصيل .

ويختلف حجم الوحدة العينية من حشرة لأخرى ففى غشائية الأجنحة يتناسب حجم الأسطح الخارجية مع الجذر التربيعى لارتفاع العين (شكل ٢٤ - ٢) ، وكذلك قد يكون هناك اختلاف فى العين الواحدة ، ففى النحل *Apis* يكون قطر السطح الخارجى للوحدات العينية فى المركز حوالى ٢٢ ميكرونا ، بينما يصل القطر فى قمة العين إلى ١٧ ميكرونا فقط (Barlow, 1952) وفى الرعاش تكون للأسطح الخارجية للوحدات العينية التى تكون كبيرة نسبياً البطنية . وفى أنواع أخرى تتميز العين إلى منطقة الأسطح الخارجية للوحدات العينية التى تكون كبيرة نسبياً وأخرى صغيرة جداً ، كما فى ذكور حشرة *Bibio* . وهذا يتميز بكون واضحاً فى ذكر *Cloen* (Ephemeroptera) حيث تنقسم كل عين إلى جزئين منفصلين عن بعضهما . وتختلف الوحدات العينية ليس فقط فى الحجم ، ولكن فى التركيب كذلك ، وتكون الوحدات العينية فى الجزء الظهري كبيرة نسبياً ومن النمط النموذجى الضخم *super position type* ، بينما فى الجزء الجانبي تكون الوحدات العينية أصغر من النمط الصغير *apposition type* ، وكذلك تقسم عيون الحنافس المائية *Gyrinus* إلى جزئين (منطقتين) التى فيها تكون العين الظهريّة فوق الغشاء السطحى عندما تقوم الحشرة وتكون العين البطنية أسفل السطح .



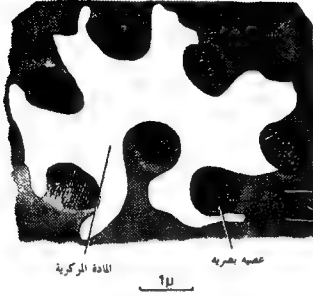
(شكل ٢٤ - ٢) : العلاقة بين قطر الوحدة العينية وحجم العين المركبة فى غشائية الأجنحة *Hymenoptera* (بارلو ١٩٥٢)

٢٤ - ١ - ١ تركيب الوحدة العينية

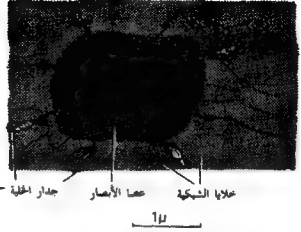
تتكون العين أساساً من جزء بصرى جامع للضوء وجزء حسي يستقبل الأشعة ويحولها إلى طاقة كهربائية . ويتكون الجزء البصري عادة من عنصرين هما عدسات جليدية والمخروط البلورى الذى يغطي العين ويكون عادة شفافاً عديم اللون وتوجد العدسات المحدبة الوجهين على النهاية الخارجية لكل وحدة عينية (شكل ٢٤ - ١) . وهذه العدسات هى التى تكون السطح الخارجى للعين المركبة فى حشرة *Aleyrod* ، ولاتكون جميع العدسات عديمة اللون ، ولكن كل عدسة غير ملونة تكون محاطة بست عدسات صفراء اللون . وفى بعض الحشرات يتحول السطح الخارجى للعدسات إلى حلقات دقيقة مخروطية بارتفاع ٠,٢ ميكرون مرتبة فى شكل سداسى وتكون المسافة بينها حوالى ٠,٢ ميكرون . ومن المعتقد أن هذه التركيبات تقلل الانعكاس من سطح العدسات ، وبالتالي تزيد كمية الضوء التى تنتقل خلال سطح القرنية ، وهى مثل بقية الخلية تفرز من خلايا البشرة . وكل عدسة تنتجها خليتان ، والخلايا المولدة للقرنية التى تصبح مؤخراً على جانبي الوحدة العينية تكون الخلايا الملونة الأولية .

يوجد أسفل القرنية أربع خلايا سمى *Semper* التى تكون المخروط البلورى فى معظم الحشرات الذى يحاط من الجوانب بالخلايا الملونة الأولية . والعيون التى توجد فيها المخروط البلورى تسمى بالعيون ذات المخروط الحقيقى *eucone eye* (ارجع إلى محورات الوحدات العينية) . وتوجد أعضاء الحس بعد المخروط البلورى مباشرة (فى النوع ذات المخروط الحقيق) . وهذه الخلايا العصبية المستطيلة تسمى بخلايا الشبكية *retinula cells* التى تتميز فيها الحافة القريبة من محور العين لتكون العصا البصرية *rhabdomere* التى تمتد بطول الخلية . وميدانياً كل وحدة عينية تحوى ثمانى خلايا شبكية تنشأ من ثلاثة انقسامات متتالية لخلية واحدة . يوجد هذا العدد من الخلايا فى بعض الحشرات مثل النحل ، ولكن فى حشرات أخرى كثيرة يقل هذا العدد إلى ست أو سبع خلايا ، وهاتان الخليتان أو الخلية توجدان كخلايا قاعدية صغيرة فى المنطقة القريبة من محور الوحدة العينية . ويحتوى ستوبلازم خلايا الشبكية على حبيبات ملونة تتركز على حواف العصا البصرية *rhabdomere* ، ولكن هذه الحبيبات لا تحتوى على الصبغات البصرية . ويخرج من كل حلية محور عصبي يمر خلال الغشاء القاعدى عند قاع العين إلى الفص البصرى *Optic lobe* . تتكون العصا البصرية من مجموعة من الأنابيب الدقيقة (الشعرية) ، أو الحلقات الدقيقة قطرها حوالى ٥٠٠ أنجستروم سداسية فى المقطع العرضى ، وتمتد فى اتجاه المحور المركزى للوحدة العينية موازية للمحور الطولى لخلايا الشبكية . وهذه الأنابيب الشعرية لكل خلية شبكية تكون موازية لأخرى ومنظمة مع خلايا الشبكية المقابلة لها (شكل ٢٤ - ٣) . ويصل طول كل عصا بصرية فى حشرة الدروسوفيل إلى نحو ٦٠ ميكرون وقطرها ١,٢ ميكرون (Wolken et al 1957) ، ولكن فى دبابه اللحم *Sarcophaga* يكون قطرها حوالى ٠,٥ ميكرون فقط (Goldsmith, Philpott 1957) . عموماً تُكوّن العصبيات البصرية *rhabdomeres* فى كل وحدة عينية عصا الإبصار *rhabdom* وفى رتبة ثنائية الأجنحة تبقى العصبيات البصرية منفصلة ، وتتجمع حول مادة مركزية ربما كانت تحتوى على سائل ملائم (Wolten et al 1957) (شكل ٢٤ - ١٣) ، ولكن غالباً ما تكون متاخمة لبعضها ، وقد تلتحم مع بعضها فى النحل (شكل ٢٤ - ٣ ب) وتتصل فى أزواج ، فيما فى بعض مستقيمة الأجنحة تتصل مع بعضها فى وحدة واحدة ، وتغطى خلايا الشبكية من ١٢ إلى ١٨ خلية ملونة ثانوية تفصل الوحدة العينية عن الأخرى المغاورة لها (شكل ٢٤ - ١) . وقد تمر القصببات الهوائية بين الوحدات العينية ، ولكن فى النحل لا تمر أى قصببات من الغشاء القاعدى للعين .

١ - (الدروسيفلا)



ب - (النحل)



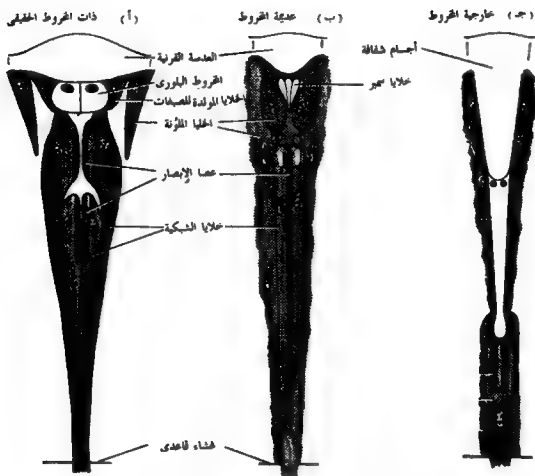
(شكل ٢٤ - ٣) مقطع عرضي في عصا الإبرار rhabdom

(أ) الدروسيفلا (wolken et al 1957) (ب) نحل (Gold smith 1967)

٢٤ - ١ - ٢ تحورات الوحدات العينية

في بعض حشرات نصفية وغمدية الأجنحة وثنائية الأجنحة لا تُكوّن خلايا سمير Semper المخروط البلوري ، ولكن تصبح شفافة ويحدث فيها فقط بعض التحور (شكل ٢٤ - ب) . وتوصف الوحدة العينية لهذا النمط من العيون بالوحدة عديمة المخروط acone commatidia . وهذا النوع بدائي ويوجد في كثير من الحشرات عديمة الأجنحة Apterygota . وفي بعض عديمة الأجنحة الأخرى مثل Lepisma (Thysanura) وOrchesella (Collembola) يوجد مخروط بلوري بسيط (شكل ٣٩٣ أ) ، ولكن خلايا سمير في أغلب ثنائية الأجنحة وبعض الرعاشات تنتج مخاريط تكون مملوءة بالسائل أو قوامها جيلاتيني بدلاً من البلوري . ويوصف هذا النمط من الوحدات العينية بأنها كاذبة المخروط pseudo Cone . وأخيراً في بعض الخنافس مثل Lampyrus تتكون العدسات من امتداد داخل من القرنية وليس من خلال سمير التي تُكوّن مسطحاً عاكساً بين الجليد وخلايا الشبكية . ويسمى هذا النمط بالوحدة العينية خارجية المخروط Exocone (شكل ٢٤ - ج) . عصا الإبرار (rhabdom) في كثير من الحشرات تكون طويلة جداً وتمتد من مؤخرة العدسة إلى الغشاء القاعدي وهذه تسمى بالعين المركبة .

ومن ناحية أخرى في بعض الحشرات غمدية الأجنحة والفرشات الليلية من حشرية الأجنحة تكون عصا الإبرار قصيرة ومنفصلة عن العدسات بمنطقة تمر خلالها زوائد الشبكية وتحيط بها خيط محوري (شكل ٢٤ - هـ) وعيون بهذا التركيب تُسمى بالعيون المنطبقة Superposition eye .



(شكل ٢٤ - ٤) الأنماط المختلفة من العينات

أ - ذات القروط الحلقى eucone في ذوات الذنب الشعرى

ب - عدسة القروط acone في بعض شمعية الأجنحة

ج - خارجية القروط exocone في بعض شمعية الأجنحة

خلايا الشبكة في العين المنطبقة Superposition تميل للزيادة في العدد وفي *Ephesia* تكون عبارة عن عشرة ، تسعة منها لها عصبات *rhabdomeres* والخلية العاشرة خلية قصيرة قاعدية (شكل ٢٤ - ٥ ب) .

في عائلة *Noctuidae* وبعض الفراشات الأخرى من ذوات العيون المنطبقة تمر القصبيات خلال العين موازية للوحدات العينية مكونة طبقة حول كل منها (شكل ٢٤ - ٦) . وهذه الطبقة ربما تكون مصدراً مغذياً عاكساً للضوء مرة أخرى للوحدة العينية .

وفي حشرة *Lepisma* والكوليبولا وغيرها من الحشرات توجد خلايا الشبكة في طبقتين . طبقة بعيدة عادة وتتكون من أربع خلايا محورية وطبقة قريبة وتتكون من ثلاث خلايا ، وعلى ذلك يوجد زوج منفصل من عصى الإبصار *rhabdoms* (شكل ٢٤ - أ) .

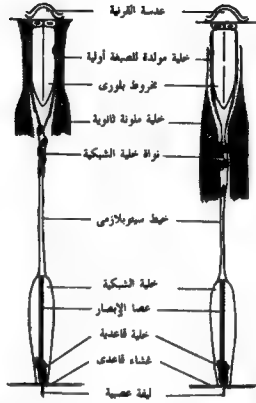
(أ)



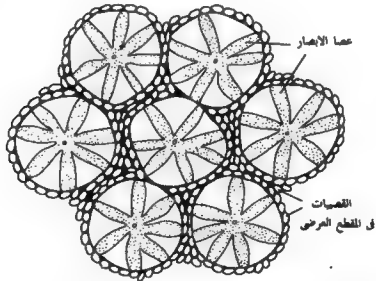
مكيفة للظلام



(ب)



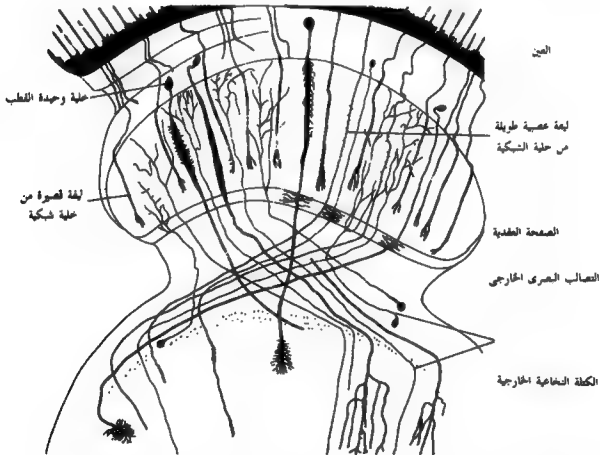
(شكل ٢٤ - أ) - مقطع في عين فراشة *Ephestia* تحت ظروف الضوء
 ب - التركيب التفصيلي لوحدة عينية في ظروف ضوء وظلام (عن فاي ١٩١٤)



(شكل ٢٤ - ب) - مقطع عرضي في مجموعة من الوحدات العينية لفراشة تبين المسافات بين الوحدات العينية المحاطة بالقنصبات
 (عن 1957 Imms)

٢٤-١-٣ التوصيل العصبي من العين

لا يوجد عصب بصري في الحشرات ، حيث تتصل العين مباشرة بالقص البصري للمخ . وهذا يتكون من ثلاث طبقات (مناطق) عقدية هي الصفحة العقدية *Lamina ganglionaris* ، وكتلة نخاعية خارجية *medulla externa* ، وكتلة نخاعية داخلية *medulla interna* تتصل مع بعضها بواسطة اتصال بصري (شكل ٢٣ - ٤) . وكل صفحة عقدية تتكون من طبقة داخلية من النقيع العصبي مع أجسام الخلايا في المحيط . وقد تتصلب الألياف الخارجية من خلايا الشبكية كما في ذبابة *Calliphora* أو قد تكون متوازية كما في الجراد . ويخرج من خلايا الشبكية نوعان من المحاور . ألياف عديدة قصيرة تمتد إلى الصفحة العقدية و ألياف طويلة (ربما من الخلايا القاعدية) تمتد إلى الكتلة النخاعية الخارجية (شكل ٢٤ - ٧) . تقع خلايا الصفحة العقدية في الطرف ، وهي وحيدة القطب *Monopolar* ومحاورها تمر للدخول إلى الكتلة النخاعية الخارجية ، حيث تعمل مناطق توصيل عصبي مع محاور الشبكية . وهذا دليل واضح لاتجاه المحور العصبي ، فالألياف الواردة من الوحدة العينية تتصل مع خلية الشبكية ولكن درجة الاتصال تختلف في الأجزاء المختلفة من العين . الألياف الأخرى التي تخرج من الكتلة النخاعية الخارجية تمتد ، ولكن ليس من الضروري أن تتصل ، بل إن جميع اتصالاتها تتم في الصفحة العقدية .



(شكل ٢٤ - ٧) مقطع في الجزء الخلفي من العين وجزء من القص البصري في النحل بين بعض التوصيلات العصبية (عند جولك ميت ١٩٦٤)

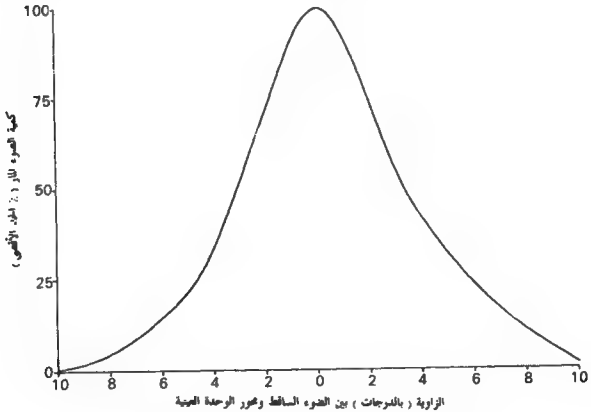
٢٤-٢ وظيفة العين Functioning of the eye

إذا كان للحشرات أن تميز أكثر من التفرقة بين الضوء والظلام ، غلابد من وجود نظام أو جهاز إبصار قادر على استقبال الصورة وتمييزها .

٢٤-٢-١ تكوين الصورة بواسطة الجهاز البصرى

العيون المقابلة Apposition eyes : النظرية الفوسيفسائية التقليدية للرؤية فى الحشرات تفترض أن كل وحدة عينية تكون صورة لجزء محدد من مجال الرؤية . لكل صورة درجة من التركيز تختلف من وحدة عينية إلى أخرى معتمدة على كمية الضوء المنعكسة من الشيء ، وعلى ذلك فإن الوحدات العينية تنتج سلسلة من البقع (النقاط) الضوئية على درجات مختلفة من الكثافة تكون مع بعضها صورة الشيء الذى أمامها . عموماً تحتاج هذه النظرية إلى الأدلة العملية لتأكيداها .

وكل وحدة عينية تحس بالضوء القادم من زاوية عريضة (التى تكون فى الجراد حوالى ٢٠ درجة) (كوبر ١٩٦٢) وليس من المجال المحدود بزاوية الوحدة العينية . والزاوية المقابلة للوحدة العينية على الفشاء القاعدى هى غالباً ١ أو ٢ درجة . وعلى ذلك فمجالات الرؤية للوحدات العينية المتجاورة (المتلاصقة) تتداخل ، ولكن كمية الضوء التى تنتقل خلال العدسة تسقط بقوة كلما زادت زاوية السقوط (شكل ٢٤ - ٨) .



وعلى ذلك فالجزء الأكبر من الضوء الداخل لكل وحدة عينية يأتي من منطقة محدودة فقط في العين المتقابلة ، وكل عدسة من العدسات القرنية والخروط البلوري قادرة على تكوين صورة مقبولة على عصا الإبصار rhabdom . وهذه الصورة ربما تكون لها بعض الأهمية ، ولكن كوبر ١٩٦٢ يعتقد أن وظيفة نظام العدسات هو ببساطة لتركيز الضوء يصبح على هيئة شعاع ضيق يدخل في عصا الإبصار .

والخلايا الصبغية (الملونة) للعيون المتقابلة تكون وحداتها العينية منفصلة ولذلك فالقليل من الضوء هو الذي يمكنه المرور من واحدة إلى الأخرى ، وكان يعتقد أن مثل هذا العزل للوحدات العينية ضرورياً ، ولكن الطفرات من ذبابة Calliphora التي ينقصها الشاشة المصبوغة أعطت نفس الدرجة من الوضوح لهدف متحرك وكانت أكثر حساسية من الذباب العادي ، حيث تحتاج إلى قدر أقل من الطاقة الضوئية ليحدث استجابة للشبكية . وهذه تأتي من حقيقة أن الضوء الذي يتحرك بجمل خلال العين لا يمتص بواسطة الساتر (الجدار) المصبوغ Screening pigment ، كما هو الحال في العيون العادية ، وعلى ذلك فهي قادرة على تبييض الوحدة العينية المجاورة . وهذه تؤدي إلى اختفاء سريع للصبغات البصرية . وربما يكون دور أو وظيفة الساتر الملون أن يقلل كمية الضوء الذي يصل إلى الجزء الداخلي من العين .

العيون المتطابقة (المتراكبة) Superposition eyes : في العيون المتراكبة يتحرك الساتر المصبوغ في الضوء ، حيث يمتد للداخل ويفصل الوحدات العينية عن بعضها ، ولكن يتركز في الظلام بعيداً حول العدسات . كذلك تتحرك الخلايا الملونة الثانوية مع تحرك الصبغات ، ولكن تتجاهر الخلايا قريباً من المركز أو بعيداً لأي مسافة (شكل ٢٤ - ٥) (Day 1941) ، ولكن الخلايا الملونة الأولية لا تتحرك ، وكذلك الحال بالنسبة لصبغاتها . ونتيجة لتحرك تلك الصبغات فإن العين تتأقلم على الضوء مع الوحدات العينية التي تنفصل عن بعضها بواسطة الصبغات ، وبالتالي تشبه وظيفة العيون المتقابلة .

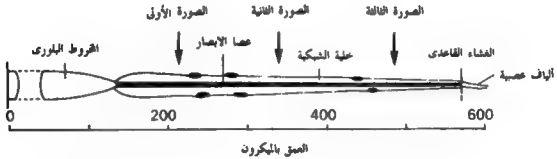
وفي الضوء الضعيف عندما تتركز الصبغات فإن الضوء يمر بجمل خلال العين بدون أن يمتص ، ونتيجة لذلك تستقبل كل عصا إبصار الضوء من عدد من العدسات ، وليس من عدسة الوحدة العينية فقط . والصورة التي تكون نتيجة لذلك تسمى بالصورة المتراكبة Superposition image ويتم استخدام أكثر للضوء المتناح ، حيث يمتص كمية قليلة منه بواسطة صبغات الساتر . وهذه تعتبر ميزة للحشرات الغسقية أو الليلية التي تنشط في الضوء الخافت .

وفي خنفساء Lampyrus وغيرها من الخنافس تتكون صورة واحدة مستقيمة بواسطة العين التي هي مورفولوجيا من النوع المتراكب ، ولكن الصورة تتكون أسفل الغشاء القاعدي ، وبالتالي ليس لها قيمة وظيفية (Burtt, Catton 1966) . وفي حشرات أخرى يحدث تقارب بسيط للضوء من الوحدات العينية المتلاصقة ، وبالتالي لا تتكون صورة . وهذه الحقائق مع غيرها من الأدلة تؤدي إلى افتراض أن الصور المتراكبة إذا ما تكونت ربما لا تكون مهمة للحشرات ، ومن الممكن أن تكون العيون المتراكبة صوراً متقابلة وهذه ربما تصبح سهلة بواسطة المواد العاكسة بين الخروط البلوري والعصا البصرية التي تعمل كموجة إرشادية وتركيز الضوء لكل عصا إبصار من النظام العدسي الخاص بها . ومثل هذا الدليل قد يتم بواسطة خلايا الشبكية (شكل ٢٤ - ٥) أو خلايا سمير في حشرة

Lampyris (شكل ٢٤ - ٤ ج) التي تمتد من العدسة إلى عصا الإبصار ، ولكنها تكون فعالة بهذه الطريقة إذا كان معدل كسر الشعاع منخفضاً

إذا كانت الصور المتراكبة لا تتكون بهذا النوع من العيون ، فإن حركة الصبغات لابد أن تكون لها أهمية غير التي سبق ذكرها . من الممكن أن تكون فترة ضوء النهار قد أعطت حماية لصبغات الإبصار ، ولكن التركيز في الظلام يزيد حساسية العين ، لأنه يحدث امتصاص كمية أقل من الضوء بواسطة الصبغات . ولم يوافق جميع الباحثين في هذا المجال بأن الصور المتراكبة لا تتكون ، حيث إنها أوضحت أن مجموعة من الصور تتكون على أعماق أكبر في العين كنتيجة لاختلاف العدسات (شكل ٢٤ - ٩) . والفكرة المقبولة هي عبارة عن تكوين صور متراكبة بواسطة مجموعات من الوحدات العينية معاً ، وعلى ذلك يزيد القطر الفعال للعدسات .

وهذه النظرية لتكوين الصور قد وجه لها بعض النقد ، مثلاً اقترح (1970) Mec Glinitis, Me Cann على سبيل المثال أن الخطأ البسيط في التجربة يؤدي إلى تغيرات في كثافة الضوء الساقط على العين ويدل على أن درجة الحدة الاستثنائية التي تفصل مع الصور المختلفة ليست حقيقية . وقد وجه نقد آخر إلى هذه النظرية مفاداً أن حيود الصور تلاحظ فقط في الضوء المبهر ، وبالتالي عندما يتمدد في العين بواسطة الصبغات ، ومن المشكوك أيضاً إذا ما كانت الحشرة قادرة على تمييز تلك الصور على مستوى الحس (ارجع إلى جولد سميت ١٩٦٤) .

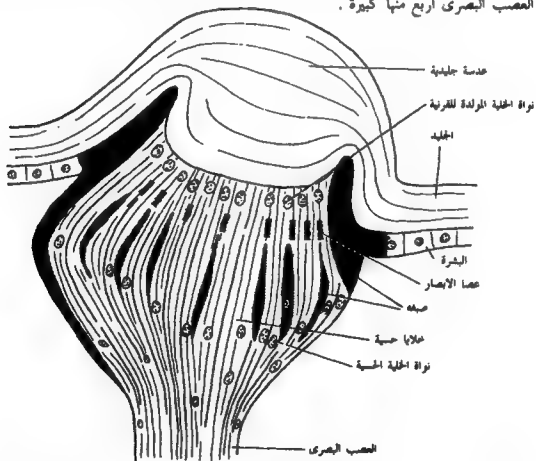


(شكل ٢٤ - ٩) رسم لمخططي لوحدة عينية في الجراد توضح مواقع الثلاث صور الأولى (بعد بروت وكامرون ١٩٦٢ ب)

٢٤-٣ العيون البسيطة الظهرية Dorsal ocelli

توجد العيون البسيطة الظهرية في الحشرات اليافعة كما يوجد في الحوريات ناقصة التطور ثلاث عيون تكوّن مثلثاً أمامياً ظهيرياً على الرأس (شكل ١ - ٢) ، على الرغم من أنها تحتل مكاناً أقرب للمنطقة الظهرية من الرأس في الحشرات ثنائية وغشائية الأجنحة . ويحتمل أن تكون العين الوسطى في الأصل عبارة عن زوج من العيون المندمجة ، وذلك لأن جذع العصب البصري مزدوج ، والعين نفسها ثنائية الفصوص في الرعاشات وفي *Bombus* (غشائية الأجنحة) . في الأنحاط عديدة الأجنحة تفقد واحدة أو كل العيون البسيطة ، وغالباً ماتكون غائبة .

وللعين البسيطة عدسة واحدة جليدية سمكية (شكل ٢٤ - ١٠) ، ولكن في *Machilis* والصرصور لا يوجد تغليظ جليدى عليها ، بل توجد فقط منطقة شفافة من الكيوتيكول ، وفي رتبة ذباب مايو تتكون العدسة من عدد من الخلايا الشفافة ليست من الجليد . وتكون طبقة البشرة *Epidermis* أسفل العدسة شفافة وعديمة اللون ، بينما يوجد أسفلها عدد كبير من الخلايا العصبية مرتبة في مجموعتين أو أكثر ، وفي الطرف البعيد من كل مجموعة تكون خلايا العصبيات البصرية مشابهة لما هو في العين المركبة . وقد يحدث صبغ في مجموعة الخلايا العصبية أو حول محيط العين ، ولكن في بعض الحشرات (كما هو الحال في الصوصور) لا يحدث صبغ ، وبدلاً من ذلك تحاط عين الصرصور بسطح عاكس وهو عبارة عن بللورات من اليورات (روك ١٩٥٧) . وتمر ألياف الخلايا الحسية إلى الخارج عند قاع العين وتمتد على الأقل إلى نصف العصب البصري محدثة أماكن توصيل عصبية أخرى مع محاور الخلايا الثانوية التي تقع في المنطقة العقدية في المخ (روك وادوارد ١٩٦٤) . وهذه المحاور الثانوية تكون كتلة العصب البصري . وتوجد خلايا عصبية عديدة أخرى أكثر من المحاور العصبية ، ولذلك لابد أن يكون هناك تقارب في الاتجاه عند منطقة الشبك العصبي *Synapses* . وفي حشرة *Sympetrum* (الرعاشات) يوجد حوالي ٦٧٥ خلية عصبية بينما في العصب البصري يوجد محور ضخم ثانوي قطره ٣٠ ميكرونا ، وكذلك اثنين قطرها من ٤ - ١٣ ميكرونا ، وربما بعض المحاور الصغيرة الأخرى (روك وادوارد ١٩٦٤) . وفي الصرصور يوجد ٢٥ ليفة في العصب البصري أربع منها كبيرة .



(شكل ٢٤ - ١٠) مقطع في عين بسيطة تظهرية لحشرة *Aphrophora* (مشابهة الأجمة) . (عن إيز ١٩٥٧)

ويعطى الجهاز العدسي لعين ظهريّة صورة ، ولكن (في الأنواع التي درست) تسقط هذه الصورة أسفل مستوى الخلايا الحسية ، وبالتالي لا تختص العيون البسيطة برؤية الأشياء Form vision وتكون حساسة جداً للضوء الضعيف ، وفي الرعاش تكون شدة الضوء ضعيفة (١٠-١٠٠ قدم — شععة) وتنتج استجابة كهربية في العصب البصري . وربما يزيد التأثير بتجميع عدد من الألياف الحسية في محور ثانوي مفرد . وفي بعض الحشرات (التي تركت في الظلام) يوجد تويد مستمر للتنبيهات للعصب البصري والوصلات المرئية ، ويوجد كذلك تأثير إنارة وإظلام عندما يضاء النور أو يطفأ . وفي بعض الحشرات الأخرى ، مثل الصرصور يحدث تأثير إنارة فقط . ومن المفترض أن التنبيه المستمر في العصب البصري للجراد يأتي من نشاط منتظم ذاتي للخلايا الثانوية . وعندما تتعرض العيون البسيطة للضوء يتوقف هذا النشاط وربما يتم ذلك بواسطة تأثير الاستقطاب الزائد hyperpolarising الذي تنتجه الخلايا الحسية للعين . وبما أن العين البسيطة قادرة على الشعور بالتغيرات في شدة الضوء ، فنجد أنه في الصرصور (الذي ليس له نشاط نهاري) يكون أكثر نشاطاً في الظلام ، حيث إن العيون البسيطة تكون مهمة لاستمرار التنبيه . وتتفاعل في الدروسوفيليا بسرعة مع الضوء في شدة (كثافة) الضوء عندما تكون العيون البسيطة معرضة له . وتفترض التجارب التي من هذا النوع أن العيون البسيطة لها تأثير منه (منشط) عام على الجهاز العصبي ، وبالتالي تستجيب الحشرة بسرعة للتنبيهات الخارجية (ديفر ١٩٦٣) .

٢٤-٤ المبهترات الجانبية Stemmata

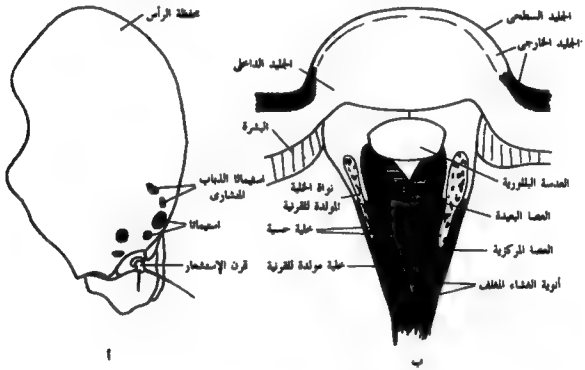
هي أعضاء الإبصار الوحيدة في يرقات الحشرات كاملة التطور . وفي بعض الأحيان يطلقون عليها العيون البسيطة الجانبية ، ولكن استبعد هذا الاصطلاح ، حتى لا يحدث خلط بينها وبين العيون الظهريّة . وتوجد المبهترات الجانبية على جانبي الرأس وتختلف في العدد من واحدة على كل جانب في يرقات الذباب المنشاري إلى ستة على كل جانب في يرقات حرشفية الأجنحة (شكل ٢٤ — ١١ ب) .

في حشرة *Ilsia* (حرشفية الأجنحة) (شكل ٢٤ — ١١ ب) ، تتكون المبهترات الجانبية من ثلاث خلايا من البشرة تتركب من ثلاثة أوجه صغيرة منفصلة مكونة شكل عدسة مثلثة . ويوجد أسفل الجليد العدسة البلورية التي تتكون من ثلاث خلايا وهذه هي الأخرى ربما تأخذ الشكل الثلاثي . وكل نظام عدسي له سبع خلايا حسية كثيفة الصبغة متصلة به ثلاثة فوقها تتكوّن عصا الإبصار البعيدة ، وأربع خلايا مركزية تكون عصا الإبصار الوسطية . ويوجد حول الخلايا الحسية من الخارج غشاء خلوي رقيق يحاط بغلاف يتكون من الخلايا المولدة للقرنية . وتمد الألياف العصبية الخارجة من الخلايا العصبية إلى الفص البصري للمخ (ديفر ١٩٤٢) .

تحدث اختلافات كثيرة عن هذا النمط الأساسي ، في يرقات الذباب المنشاري تكون المبهترات الجانبية أقرب إلى العيون ، وكل منها تحوي عدداً هائلاً من الخلايا الحسية وتغيب فيها العدسة البلورية . وليرقات *Megaloptera* *Sialis*, *Dytiscus* نفس المبهترات الجانبية ، ولكن فيها عدسة بلورية . في الختام نجد أن يقرات *Cyclorhophis* قد فقدت كل أثر خارجي للمبهترات الجانبية ، ولكن توجد بقع حساسة للضوء التي ربما كان مشتقة من المبهترات الجانبية في الداخل على كل جانب من هيكل البلعوم .

وتعطي عدسات المبرصات الجانبية الصورة التي تسقط على عصا الابصار . وإذا كان الشيء قريباً من العين أكثر من ٠.٨ م ، فإن الصورة تسقط على العصا المركزية ، ولكن إذا كان أبعد من ذلك ، فإن الصورة تتكون على العصا البعيدة (دتير ١٩٤٣) . وبالتالي تسقط أغلب الصور على العصا البعيدة . ولما كانت هذه تتكون من ثلاث خلايا فقط ، فإن استقبال الصورة لا يمكن أن يكو كافياً . وعلى ذلك فمن المحتمل أن تكون مهمة العدسة أساساً هي تركيز الضوء .

تستقبل كل مبرصة جانبية ضوءاً من المنطقة المواجهة لها ، وبالتالي لا يحدث تداخل . والبرقات التي لها ستة من المبرصات الجانبية على كل جانب سوف تتأثر بـ ١٢ نقطة من الضوء من أماكن مختلفة من الحقل المضيء ، وبالتالي سوف تشع بصورة شطرنجية تقابلها من جانب لآخر بحركة الرأس ، حيث تتمكن من فحص مجال أكبر . ومن المعروف أن البرقات يمكنها تمييز الأشكال وتوجيه نفسها في اتجاه الحدود بين المناطق السوداء والبيضاء .



(شكل ٢٤ - ١١) أ - منظر جانبي لرأس يرقة توضح مواقع المبرصات الجانبية
ب - مقطع في إحدى المبرصات الجانبية (بعد دتير ١٩٤٢ - ١٩٤٣)

٢٤-٥ أعضاء الحس الجلدية Dermal light sense

بعض الحشرات ، مثل يرقات *Tenebrio* تستطيع الاستجابة للضوء عندما تكون جميع المستقبلات البصرية غائبة . ويبدو أنه توجد مستقبلات ضوئية عامة على سطح الجسم ، ولكن لا توجد أي أعضاء الحس وسيطة لتلك الاستجابة ، وتحكم مولدات الكيتين في الجراد في أعضاء الحس الضوئية (تيمبل ١٩٦٧) .

الفصل الخامس والعشرون

إحداث الصوت

SOUND PRODUCTION

تحدث أصوات الحشرات باستعمال عدة طرق مختلفة ؛ فبعض الأصوات تنتج من عملية رفرقة الأجنحة أثناء الطيران . وقد لا يكون لها أهمية بالنسبة للحشرة ، ولكن يكون لها عادة بعض الضرورة . وقد تحدث بعض التحورات لانتاجها . وفي بعض الحالات ينتج صوت من حك حافة الأجنحة فوق سلسلة من الخطوط من أجزاء أخرى من الجسم مما يجعلها ترفرف . وميكانيكية الاحتكاك هذه معروفة جيداً في رتبتي مستقيمة وعمدية الأجنحة . وفي بعض متشابهة الأجنحة وحرشفة الأجنحة يوجد غشاء خاص يجذب بالتأثير المباشر للمعضلة . ويكون الصوت الناتج بواسطة حشرات كثيرة مصدر تنبيه أو إنذار للحشرات الأخرى ، أو كمنبه للمفترس المحتمل . وفي الحالة الأخيرة تعمل الحشرة على التظاهر والقنوية ، ويدخل في ذلك لون وحركة الحشرة .

وتكون الأصوات التي من هذا النوع غير منتظمة ومجاها للترددى واسع . وتحدث الأصوات الخاصة أعضاء متخصصة تتكون من شوكة للصوت في صور منتظمة . وبعض الأنواع لها عدد من الأغاني تتميز بالاختلاف في توقيت الأصوات ، وهذه تستعمل في ظروف مختلفة . والأصوات الخاصة عادة ماتستخدم في الغزل ، ولكن قد تتدخل كذلك في الغزل ، أو التمييز الجنسي ، أو التجمع في الحشرات الجماعية وغيرها من سلوك الاتصال .

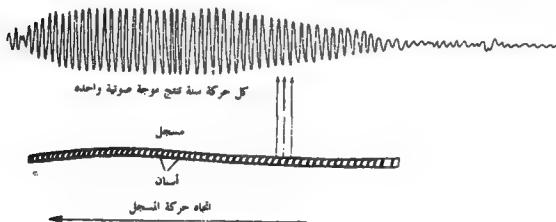
وتحدث الحشرات الصوت تحت ظروف معينة ، وقد تتحكم الظروف الداخلية (الهرمونات) بتوفير ظروف معينة يحدث فيها الصوت ، ويكون ذلك بالتأثير العصبي ، حيث توجد مراكز في المخ ترتبط بمركز الاستقبال الحسى والتنبيه للمراكز في العقد العصبية الحلقية وبالتالي ينطلق الصوت المناسب .

٢٥-١ ميكانيكية إحداث الصوت Mechanisms of the sounds produced

يمكن اعتبار الصوت الذى تحدثه الحشرات كتنبيه ميكانيكى من أى مصدر خارجى أو داخلى (بومفرى ١٨٥٠) ، حيث تحدث الرفرقة أو التذبذب فقط خلال الهواء أو الماء ، ولكن التذبذب ينتقل خلال طبقة سغلية . واصطلاح صرير Stridulation استعمله هاسكيل ١٩٦١ لأعضاء الحس ، بمعنى أن أى صوت يحدث بواسطة

حشرة لا يتضمن أى شيء بالنسبة لطريقة إحداث الصوت . وتكون طبيعة الأصوات التى تحدثها الحشرات صعبة ، وهناك خلط كبير فى المراجع بهذا الخصوص (لمناقشة المصطلحات ارجع إلى برجتون ١٩٦٣) . وقد يحدث الصوت بصفة مستمرة ، كما هو الحال فى الضوضاء نتيجة لرفرة الأجنحة ، ولكن عادة مايتكون من أصوات منفصلة يتخللها سكون . والصوت التكاملى (واحد فواحد) الذى تستقبله أذن الإنسان يسمى رفرة (تفريد) وهذا قد يتكون من نبضة واحدة ، أو (كما فى صرصور الغيط) من سلسلة من النباضات أو الحركات . والحركة عبارة عن سلسلة منفصلة من الموجات الصوتية . وكل حركة قد تنتج من حركة منفصلة من جهاز الصرير ، أو قد تحدث هذه الحركة سلسلة من الحركات (قارن شكل ٣٨٢ ، ٣٨٧) . وسلسلة الحركات التى قد تتكرر فى صورة منتظمة تسمى جملة Phrase .

وكثير من الحشرات قد تحدث أصواتا ، وهذه ربما تقسم إلى خمسة أنماط حسب الطريقة المستعملة فى إنتاج الصوت . وهى : صوت ينتج كمحصلة لأنشطة أخرى ، وأصوات تنتج باحتكاك جزء من الجسم مقابل غشاء سفل ، وصوت يحدث من إحتكاك جزئين من الجسم ببعضهما ، أو صوت يحدث بواسطة الغشاء الطلي ، أو صوت يصدر نتيجة مرور تيار فى الهواء .



(شكل ٢٥ - ١) رسم تخطيطى للسجل ورسم جهاز التذبذب لبيانات الصوت الناتجة من قفل القدم فى حشرة *Oecanthus* (يسكونيل وسفل ١٩٥٥)

الفصل السادس والعشرون

استقبال المؤثرات الميكانيكية

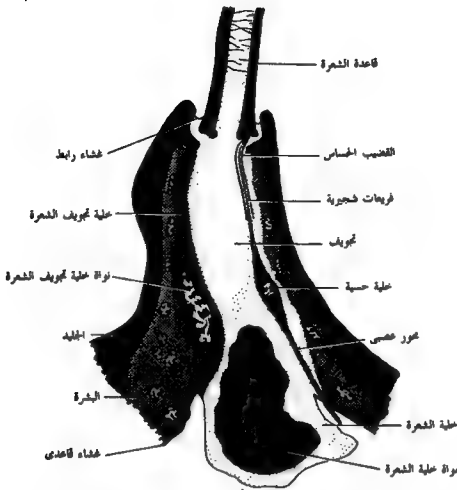
MECHANORECEPTION

أعضاء الحس لميكانيكية تقوم بتوصيل التنبيه الميكانيكى لأى جزء من أجزاء الجسم . وهذا ينتج من لمس شيء أى ضغط على الذبذبات (الرفرة) فى الهواء أو الماء المهاد *substratum* . وعلى ذلك .. فاستقبال المؤثرات الكيماوية يضم حس السمع *sense fo hearing* وتوازن الجسم الذى يتحكم فى توجيه الحشرة والجاذبية .

ومستقبلات المؤثرات الميكانيكية تكون أما أعضاء حس باللامسة *Proprioceptors* أو مستقبلات الجاذبية *gravity receptors* . وكثير من الشعيرات الموجودة على جسم الحشرة عبارة عن أعضاء لم *Tactile organs* وتلك تتأثر فقط عند أى تغير أو تتأثر باستمرار خلال فترة التنبيه اللمسى . وهذا النوع يعمل كأعضاء حسية باللامسة *proprioceptors* . أما النوع الثانى من أعضاء الحس الميكانيكية *mechanoreceptors* فهى أعضاء الحس الوترية *chordotonal* . وهذه تتكون من وحدات منفصلة أو مجموعات من الوحدات . وتوجد فى أجزاء كثيرة من الجسم ، وتسجل التغيرات فى وضع الحلقات ، وكذلك تتأثر بالذبذبات من البيئة المحيطة ، وترتبط مع غشاء طبلى *Tympanic membrane* الذى يكون حرراً فى التذبذب . وتلك تكون أعضاء السمع المعقدة التى توجد فى عدد من الحشرات . وأعضاء الحس القبوية *Campaniform sensillae* تستجيب أو تتأثر لأى ضغط على الجليد ، بينما توجد أعضاء الحس باللامسة تعمل باللمس .

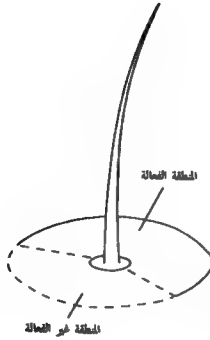
٢٦-٩ الشعيرات المتحركة *Trichoid sensillae*

الشعرة المتحركة تشبه الشعرة العادية وتتصل بجدار الجسم بحراب غشائى *Socket* ، وبالتالى تكون حرة الحركة . وتنبع الشعرة من الخلية المولدة للشعرة *Trichogen Cell* ، أما الجراب ، فثكونه خلية أخرى هى خلية تجويف الشعرة *Tormogen cell* . تقع هذه الشعرة فى منطقة البشرة (شكل ٢٦ - ١) ، وتتصل



(شكل ٢٦ - ١) رسم تخطيطي للقاعدة خلية شعرة متحركة من يرقة Aglais (عن داتير ١٩٦٣)

بكل شعرة خلية أو أكثر من الخلايا العصبية . وتختص الشعيرات فقط بالحس الميكانيكي ويتصل بها جسم خلية عصبية واحدة فقط ، ولكن الشعيرات الخاصة بالحس الكيماوي تكون تزود بأكثر من جسم خلية عصبية وهي تعمل كذلك كمستقبلات ميكانيكية . وعملية الحس أو فروعها قد يغلّفها غلاف جلدي التركيب يمتد حتى سطح الجلد عند قاعدة الشعرة ، وتغلّف بالجلد عند الانسلاخ (سلفر وآخرون ١٩٥٧) . وهذه الأنبوبة أو الخراب تسمى بالقضيب الحساس Scolopale (وقد يسمى كذلك بالغلاف الحساس Scolopoid أو الغلاف الجنيدى Cuticular sheath) . وفي الجزء البعيد قد يغطى بواسطة غطاء الغلاف الحساس Scolopale cap أو الجسم الطرفي apical body . وقد تنتهي الفريعات في الغطاء ، أو قد تترك الغلاف وتمتد في تجويف البشرة . وعادة ما تمتد نهاية الفريعات في الجلد في حافة واحدة في قاعدة الشعرة . وتحدث حركة الشعرة تنبيه في نهاية العصب يؤدي إلى مستقبل فعال receptor potential . وفي بعض الشعيرات (مثل تلك التي توجد على حافة الصدر الأمامي للجراد) ينتج التوتر عند تحرك الشعرة في أى اتجاه ، ولكن الشعيرات الأخرى مثل التي توجد في مرقد الشعرة (شكل ٢٦ - ٢) على الوجه تستجيب فقط عند تحريكها في اتجاه معين (شكل ٢٦ - ٢) .



(شكل ٢٦ - ٢) شكل تخيلى يوضح اتجاه حساسية الشعرة المتحركة ، الحركة فقط للأرقام في اتجاه المطقة النعالة يزدى إلى فيه عصى ٩ من هيسل (١٩٦٠)

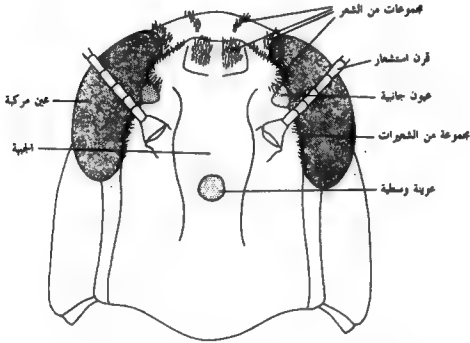
المستقبلات المتدرجة *Phasic receptors* : توجد شعرات لها القدرة على نقل التنبيه باللمس، وتسمى مستقبلات باللمسة أو أعضاء حس لمسية *Tactile* ، وتوجد خاصة على قرون الاستشعار أو الرسغ وفي أى مكان تلامس به الحشرة الوسط المحيط بها . ويمكنها أن تحس بالهزات في الوسط المحيط، وفي بعض الأحيان الأصوات إذا كانت شديدة .

وتستجيب الشعرات للأصوات في مدى ٣٢ - ١٠٠٠ (C. Sec) وذلك في حالة الأصوات التى تحدث حول الرقات . والصوت الشديد يحدث انقباض للمعضلات الطولية ، وعلى ذلك تقوم الحشرات بحركات دودية برأسها . ونفس هذا النوع من الشعرات يوجد على البطن من السطح السفلى ، وعلى القرون الشرجية للنطاطات . بينما تكون الشعرات على القرون الشرجية للصراصير الأمريكى متزامنة مع تكرار التنبيه ، ولكنها لا تنزامن مع التردد (C. Sec) . ومن المشكوك فيه أن القرون الشرجية للنطاطات تكون ذات فعالية في استقبال صرير الحشرات الأخرى . وقد تكون شعيرات البطن لها دور في ذلك ، وخاصة في وقت الغزل بين الحشرات .

ويقتل جزء من الصوت فقط عندما تكون سرعة الهواء ٤سم/ ثانية، ويكون كافياً لتنبيه شعرات القرون الشرجية للجراد . وتقوم الصراصير بحركات مراوغة سريعة عندما يحدث تنبيه لتلك الشعرات بواسطة نفخة من الهواء .

أعضاء الاستقبال التوتورية Tonic receptors : هي تلك الشعرات التي تبدى استجابة ترددية نتيجة لانحناء مفاصل الأرجل وتوجد في الصدر الأمامي وآلة وضع البيض وفي أماكن أخرى من الجسم خاصة المرتبطة بالمفاصل، حيث تؤدي وظائف كثيرة حسب موقعها ، ولكنها تتأقلم على جمع المعلومات وتسمى في تلك الحالة أعضاء حس باللامسة Proprioceptors .

وفي بعض الأحيان تتجمع هذه الشعرات مع بعضها مكونة مجموعات من الشعر hair beds . وتوجد على وجه الجراد (شكل ٢٦ - ٣) وعلى الصليبات العنقية Cervical Sclerites وعلى منطقة اتصال الحرقفة بالصدر وكذلك بين المدور والحرقفة ، وعلى منطقة اتصال الملامس الشفوية ، وعلى قاعدة البطن وغيرها (ارجع إلى ماركس ١٩٦٢) وتؤدي وظائف أخرى حسب موقعها .

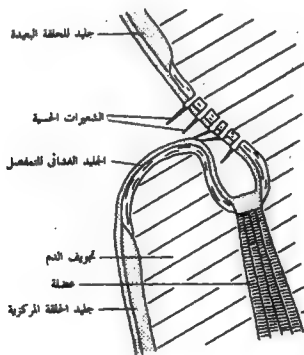


(شكل ٢٦ - ٣) منظر أمامي مخففة الرأس في الجراد توضح مواقع مجموعات الشعرات .

ويتم تنبيه مجموعات الشعر الوجهية في الجراد بتيار الهواء على الوجه بسرعة ٢ متر/ ثانية أو أكثر . وتلك توضح اتجاه المنبه ، وبالتالي توجه نفسها ، وعلى ذلك تستجيب للهواء الذي يمر على طول محور الحشرة . حيث تساعد الحشرة على التوجيه مع الريح على الأرض وتساعد في التحكم في عدم انحرافها عندما تكون طائرة ، بينما يحدث التنبيه غير المتوافق لمجموعات الشعر بكلا الجانبين للاختلاف في تذبذب الأجنحة ، كذلك ينشط تنبيه مجموعات الشعرات للاستجابة للطيران بحيث تضع أرجلها في وضع الطيران واستمرار الطيران . وعندما توجد مجموعات الشعرات في أماكن انفصل في هيكل الحشرة يتم تنبيهها بالتلامس مع الأسطح المجاورة (شكل ٢٦ - ٤) ولذلك فهي تعمل كأعضاء حس باللامسة . ومجموعة الشعرات الموجودة على الصلبة العنقية الأولى تمد الحشرة

بمعلومات عن وضع الرأس وهى مهمة فى فرس النى أثناء تناوله للطعام ، وتساعد فى استقرار الجراد فى الطيران ، وذلك عندما تكون الرأس موجهة بالضوء من الظهر والصدر مصطف مع الرأس . ومجموعات الشعيرات مهمة كذلك بالنسبة لتمييز الجاذبية القادرة على التوجيه هذا هام بالنسبة لأغلب الحشرات ، ولكنه هام كذلك فى رقصات الانصال Communication dances فى النحل ، فالرأس فى النحل منفصلة عن الصدر بواسطة زائدتين جلديتين وتمتد للأمام مع فوق الاسترنة episteme ، وتمتص مع القفص occipital condyle عند مؤخرة الرأس . توجد مجموعات من الشعيرات على السطح الخارجى لكل واحدة من تلك الزوائد ، حيث إنه عندما تكون الحشرة على سطح مستو تكون الشعيرات على اتصال بحفظة الرأس . ومركز الجاذبية فى الرأس يكون أسفل نقطة اتصالها مع الصدر ، ولذلك عندما تنسلق الحشرة إلى أعلى فإن الرأس تنكس إلى أسفل ، والشعيرات العنقية تنبته أكثر من الظهرية ، ولكن مشيها أسفل فإن الأجزاء البطنية من الرأس تتعلق لأسفل بعيداً عن الصدر . وعلى ذلك يكون تنبيه الشعيرات الظهرية لتلك المجموعات hair beds أقوى من البطنية . دوراتها من جانب لآخر على سطح رأسى أو عمودى يتميز بكثافة القوى على كلا الجانبين .

وتعمل الشعيرات الحسية باللامسة الكبيرة Tactile setae على أرجل الصرصور بطريقة مختلفة عن شعيرات الحس اللمسية الأخرى . فعند قاعدة كل شعيرة عند اتصالها مع غشاء التجويف توجد شعيرة حسية جرسية Campani form sensillum قطرها ١٠ - ١٥ ميكرونا فقد تثنى حركة الشوكة الغشائية فيضغط على الشعيرة وبالتالي يحدث لها التنبيه .



(شكل ٢٦ - ١) رسم تخطيطى يوضح الطريقة التى تتبها شوكة الشعيرات الحسية عند الدورول فى تلامس مع الجلد المجاور .

٢٦-٧ أعضاء حسية وترية (مترية) Chordotonal organs

تتكون أعضاء الحس المترية (المترية) chordotonal or scolopopharas من وحدات منفصلة أو مجموعات من الوحدات المتماثلة تسمى Scolopidia القضبان الحسية، وتوجد في مستوى تحت الجليد بلون أى علامة على وجودها . وتتصل بالجليد من نهاية أو كلتا النهايتين .

وكل قضيب حسى يتكون أساساً من ثلاث خلايا مرتبة خط طولى وأجسام الخلايا العصبية وغلاف أو خلية الوتر السمي Scolopale Cell . ورباط أو خلية قمية Cap Cell . والقضبان الحسية في الجراد عبارة عن عضو طبل Tympanal organ، وتكون لها خلية ليفية حول قاعدة الزوائد الشجرية (شكل ٢٦ - ٥) . وفي هذه الحالة (على الأقل) تحتوى النهايات الشجرية على أهداب على حلقة محيطية مكونة من تسعة أزواج من الخيوط الدقيقة . وتمتد جذورها للخارج خلال الفريعات الشجرية . وتقع قمة الهدب في قضيب قمي Scolopale Cap ، حيث يوجد قضيب سمى قنوى .

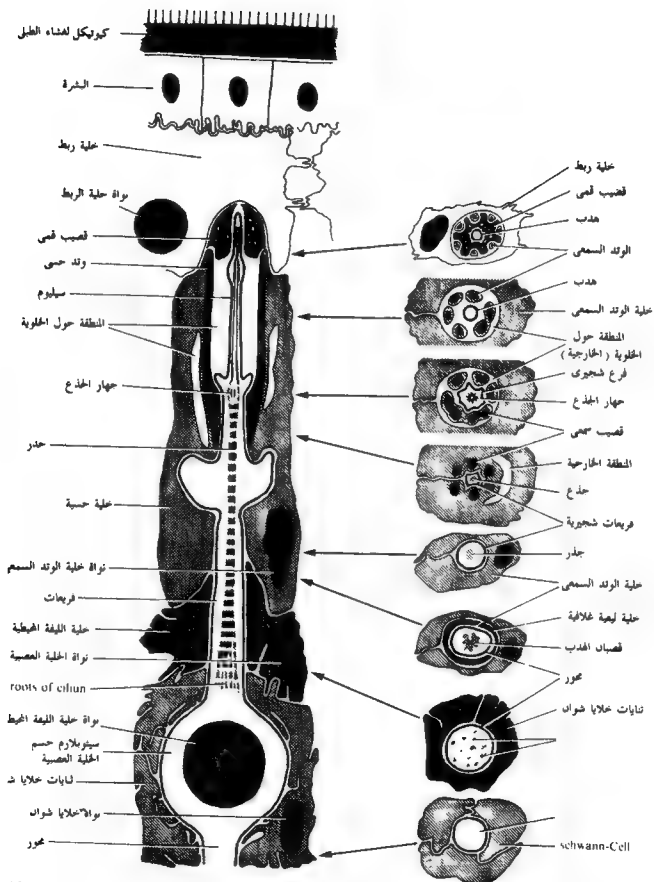
وفي الجراد يتكون ذلك من ٥-٧ قضبان من مادة ليفية تترتب في دائرة مغلقة تحاط بالأهداب في المساحة الموجودة حول الخلايا، ولا تعرف طبيعة محتويات الفراغات بين الخلايا، وتتصل خلية الربط attachment cell مع خلايا البشرة للشعرة (جرى ١٩٦٠). راجع بحث هوز (١٩٦٨) .

وتوجد أعضاء الحس المترية في المناطق المحيطية بجسم الحشرة . وفي يرقة الدروسوفيلا يوجد حوالى ٩٠ عضواً من هذا النوع . كل واحد يحوى من ١-٥ من القضبان الحسية Scolopidia مرتبة حلقياً ومعلقة في مناطق على جدار الجسم وعلى ذلك فهي تعمل كأعضاء حس بالملاسة (شكل ٢٦ - ٦) .

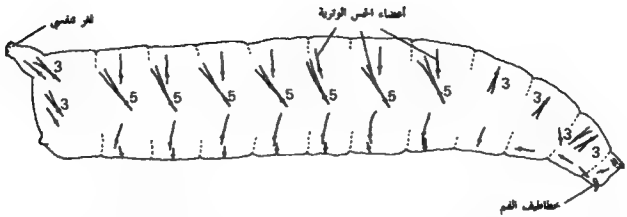
وفي حشرة *Melanophus* (مستقيمة الأجنحة) يوجد ٧٦ زوجاً منها . وفي صلد كثير من الحشرات توجد أعضاء حس وترية كبيرة، تحوى حوالى ٢٠ قضيباً حسياً، حيث تسجل حركات الرأس على الصدر وفي أخرى توجد عند قاعدة الجناح (وليس مستقيمة الأجنحة) تسجل بعض الضغط الذى تحدثه الأجنحة على الجسم .

في النحل يوجد ٣ من هذه الأعضاء كل به من ١٥ - ٣٠ قضيباً حسياً . عند قاعدة العروق ، الكبرى radial وتحت الضلعي subcostal vein وفي تجويف العرق الكبرى .

وتوجد أربعة أعضاء حس وترية في كل رجل . الأولى متصلة عمودياً مع الفخذ ومن الطرف البعيد تدخل في وصلة الركبة . وفي حشرة *Machilis* يحتوى هذا العضو على ٧ قضبان حسية وفي النمل يوجد حوالى ٣٠٠ قضيباً موازياً للساق، حيث يوجد عضو تحت الركبة subgenual وفي الطرف البعيد يوجد عضو حسى وترى آخر يحتوى على ٦٠ قضيباً حسياً . أما في النحل فيوجد في النسيج الضام للساق ويمتد في منطقة اتصال الساق بالرأس . وأخيراً يمتد عضو صغر له ٣ قضبان حسية فقط من الراس إلى ما قبل الراس Pretarsus . وهذه الأعضاء تعمل كأعضاء حس بالملاسة وتوجد عند مفصل الأرجل .



(شكل ٢٦ - ٥) مقطع طولى تخطيطى لى قصب حسى من الفشاء الطبل للجراد مع مقاطع عرضية على المستويات المذكورة (حرى ١٩٦٠، ٢٧)



(شكل ٢٦ - ٦) رسم تخطيطي لوقعة الدروسوفيلا يوضح أعضاء حس الوترية . الأرقام تدل على عدد القضبان الحسية في كل عضو حسى ، غير المرقمة بها واحد فقط (موردج ١٩٦٥) .

٢٦-٢-١ أعضاء تحت الركبة

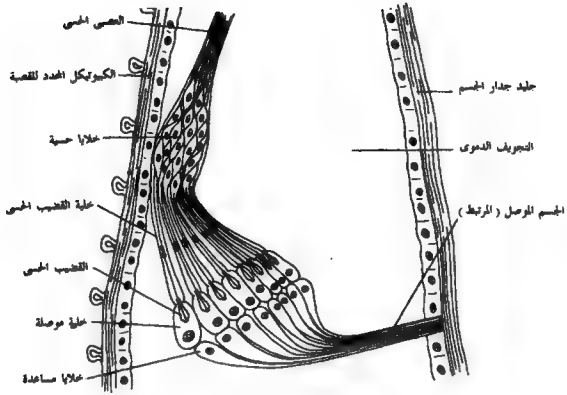
عضو تحت الركبة هو عضو حس وترى ، عادة ما يحتوى على ١٠ إلى ٤٠ قضيباً حسياً في الجزء القريب من محور الساق ولا يتصل مع أى تفصل . وتجمع الزوائد الخللا المساعدة في النهايات البعيدة للقضبان الحسية مع بعضها في جسم مرتبط attachment body يثبت في الجلد في مكان محدد ، بينما النهايات القريبة من المحور تدعم بقضبان هوائية (شكل ٢٦ - ٧) .

وغالباً ما يتكون العضو من جزئين ، واحد قريب من المحور يُسمى بالعضو تحت الركبة الحقيقي True Subgenual organ (ديباسو ١٩٣٨) ، والآخر أكثر بعداً من الأول وكلاهما موجود في الرعاشات Odonata ، وجلدية الأجنحة ومستقيمة الأجنحة ، ولكن في متشابهة الأجنحة ، ومختلفة الأجنحة ، وشبكة الأجنحة وحرشفية الأجنحة يوجد فقط العضو البعيد distal organ ولكن في Machilis ، غمدية الأجنحة وثلاثية الأجنحة لا يوجد عضو تحت الركبة قطعياً .

وتتذبذب الأعضاء الحساسة في الوسط المحيط ولصوت الهواء إذا ما كان ذا شدة كافية لجعل الرجل أو الوسط المحيط يتذبذب . وفي الصرصور الأمريكى مثلاً حساسة حتى 10^{-10} - 10^{-9} . وعضو تحت الركبة في الصرصور حساس للتذبذب ، ويتردد حتى ٨ (Kc sec.) بم توسط ١٥٠٠ (C. sec.) وذبابة الكاليفورنيا Calliphora التي ليس لها عضو تحت الركبة من ناحية أخرى تستجيب فقط لتضخم أعلى من 10^{-10} بمضى ترددى ٥٠ - ١٠٠٠ (C. sec.) .

في هذه الحالات فإن الشعيرات الحسية التي تستجيب للتذبذبات هي عضو الحس الوترى وفي الساق - الرسغ tibio-tarsal chordotonal organ ، يتكون من شعيرات الرسغ ومجموعات الشعيرات بين المفصلات في الأرجل .

واستجابة أعضاء تحت الركبة في الصرصور متلازمة مع تردد المنبه حتى ٥٠ (C. sec.) (هوز ١٩٦٤) ، ولكن في الترددات المرتفعة لا تكون متوافقة . وفي الطليعة من غير المرغوب فيه أن يكون نبرة نقية Pure tone .



(شكل ٢٦ - ٧) رسم تخطيطي لعضو تحت الركبة للذئب (عن هوردج ١٩٦٥).

وميكانيكية تنبيه عضو الحس تحت الركبة غير واضحة (معلومة) للآن . ربما يكون تذبذب الأرجل مؤدياً إلى دوار للدم في الرجل ، وتلك تؤدي إلى حركة عضو الحس تحت الركبة وبالتالي يحدث تنبيه لعضو الحس . وعلى النقيض الرجل ربما يسبب تذبذباً للعضو بتردده الطبيعي ، ولكن بسبب تجمع الخلايا الموصلة (الرابطة) مع بعضها واتصالها بالجملد يحدث تردد طبيعي مختلف عن خلية القضيبي الحسي التي تكون حرة نسبياً ، حيث إن الجزء البعيد والقريب للعضو يتذبذب ، مع الترددات المختلفة وبالتالي يحدث تغيرات سريعة ومعقدة على القوى التي تعمل في منطقة الاتصال بين الجزئين كون تلك التغيرات السريعة تعمل على المساعدة في التنبيه للخلايا الحسية (هوز ١٩٦٢) .

٢-٢-٢٦ عضو جونسون

عضو جونسون هو من أعضاء الحس الوترية ويقع في العقدة الثانية من قرن الاستشعار ويمتد طرفه البعيد في منطقة ربط العقدة الثانية مع الثالثة . ويوجد ذلك العضو في جميع الحشرات الياقة ماعدا الكولبولا وثنائية الأجنحة . ويوجد في صورة بسيطة في كثير من الرقات فهو يتكون من كتلة واحدة أو مجموعات مختلفة من القضبان الحسية ويكون متقدماً في ذكور بعوض الكيولكس والمهاموش التي يستطيل فيها العزق Pedicel ليحتضن العضو . وفي البعوض تكون قاعدة سوط قرن الاستشعار صفيحة تمتد فيها الزوائد لكي تمتد فيها القضبان الحسية (شكل ٢٦ - ٨) . وهذه الأخيرة ترتب في حلقتين حول

محور قرن الاستشعار ، وبالإضافة لذلك يوجد ثلاثة قضبان مفردة تمتد من الأصل (عقدة قاعدة قرن الاستشعار) Scape حتى السوط .

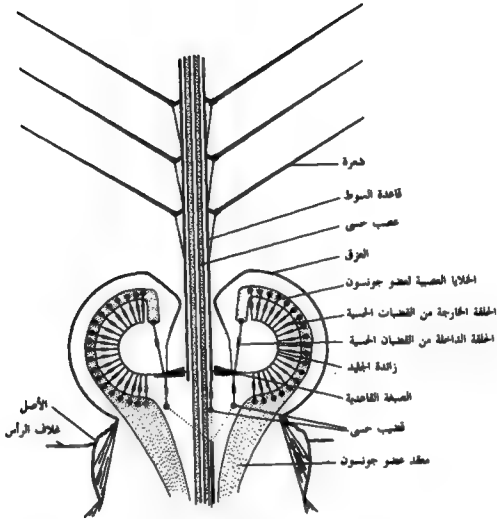
ويميز عضو جونسون حركات سوط قرن الاستشعار . في ذبابة *Calliphora* . تستجيب غالبية أعضاء الحس الخاصة بعضو جونسون للحركة في السوط وبالتالي للتردد وتنتج الاستجابة للبدء والإقفال .

وتزيد الاستجابة (البدء) بزيادة المنبه ، أما إذا كان المنبه لمدة قصيرة جداً فقد يحدث استجابة (للإقفال) ذلك عند التنبيه ذى التردد العالى وأى تغيير كبير في الأثارة ، وتستجيب بعض الشعيرات الحسية للمنبه في أى اتجاه وغیرها تستجيب إذا ماكان من اتجاه محدد . والاحتكاك هو أكثر المنبهات فعالية (بيركاردت ١٩٦٠) . حتى أن حركة السوط قد يكون لها أكثر من مسبب . ويقوم عضو جونسون بعدة وظائف في أى حشرة . ففي ذبابة *Calliphora* يعمل عضو جونسون كمقياس لسرعة الطيران ، ويختص باستمرار بالتحكم في سرعة الطيران . وهبوب الرياح على الوجه تجعل الـ *arista* تعمل كذراع ، ودوران عقدة قرن الاستشعار الثالثة على الثانية (شكل ١ - ٨) . وتلك تؤدي إلى تنبيه عضو جونسون . وربما أن أغلب أعضاء الحس ذات طبيعة تلامسية ، فإنها تستجيب بالتغير في درجة دوران rotation للحلقة الثالثة . وحتى مع تيار هواء مستقر فإن قرن الاستشعار يهتز ، وعلى ذلك فإنه يحدث تنبيه لعضو جونسون . كلما زادت زاوية الدوران الترددي زاد عدد القضبان الحسية التي يحدث لها تنبيه .

ويميز عضو جونسون كذلك الأصوات التي يحملها الهواء لحشرة الكاليفوا . ولكن استعماله كعضو سمع معروف في الماموش والبعض (الكيولكس) حيث يمكن للذكور معرفة الإناث من تون الطيران . وذكر هذه الحشرات لها قرن استشعار من النوع الريشي المضاعف Plumose الذي يميز بكثرة الشعيرات الطويلة الكثيفة حيث توجد بين الحلقات في قرن الاستشعار وتذبذب الشعيرات بموجات الصوت ، وتأثيرها المزدوج يحدث حركة السوط . وذكر بعض الأدهس تكون مستعدة للتزاوج بتردد حوالى ٤٠٠ - ٦٥٠ (C. sec) ، ولكنها تزيد كلما تقدمت الحشرة في العمر وكذلك تكون أوسع في حالة الذكور التي لم تتزاوج عنها في حالة الذكور التي سبق لها التزاوج تظهر أصوات بمعدلات ترددية أخرى كنوع من التفاعل مثل : حركة التنظيف ، الطيران ، التجمد (روث ١٩٤٨) .

ولكى يجد الذكر الذى حدث له التنبيه ، الأتى لابد أن يكون عنده المقدرة على تمييز الاتجاه الذى يأتي منه الصوت . ومن المعتقد أن الموجات الصوتية تكون مترامية مع حركة الصفيحة القاعدية basal plate للسوط للداخل والخارج (شكل ٢٦ - ٨) . وتستجيب الشعيرات الحسية للحلقة الداخلية لعضو جونسون عندما تحتك وذلك عند ضغط الصفيحة القاعدية للداخل . ولذلك يكون التردد الناتج بنفس قدر المنبه . وفي حالة الشعيرات في الحلقة الخارجية يكون الناتج الضعف لأن بعض الخلايا تستجيب لحركة البدء وأخرى للإقفال وعلى ذلك فإن تردد التأثير العام يحتوى على تردد التنبيه وتجانسه harmonic .

وفي حشرة *Naronecta* يختص عضو جونسون بالتوجيه في الماء . وتعتمد فقائع الهواء بين الرأس وقرون الاستشعار ، وكذلك عندما يكون الاتجاه صحيحاً على ظهره فإن قرن الاستشعار يكون بعيداً عن الرأس . أما إذا كانت الحشرة في الاتجاه الخطأ فإن قرن الاستشعار يقترب من الرأس . ويميز عضو جونسون هذا الوضع .



(شكل ٢٩ - أ) رسم تخطيطي للجزء القاعدي من قرن الاستشعار الذكر البعوض يوضح عضو جونسون .

وعندما يكون عضو جونسون مكتمل النمو فإن أعضاء الحس بالملامسة الأخرى تغيب من قرن الاستشعار ، ولكن في أغلب الحشرات توجد أعضاء إضافية في العقد القاعدية والطرفية لقرن الاستشعار تعمل كأعضاء حس بالملامسة .

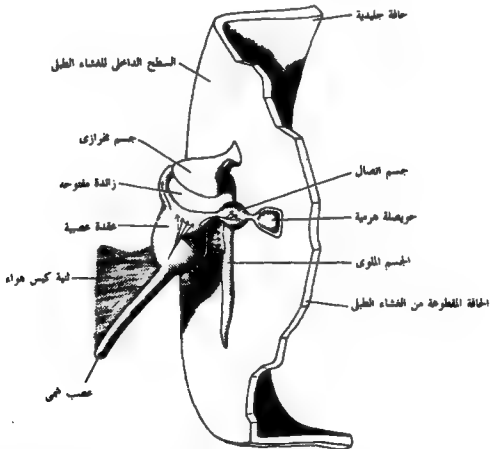
٢٩-٣-٢ أعضاء الحس الطليبة

تركيب وتكوين أعضاء الحس الطليبة : الأعضاء الطليبة هي أعضاء حس بالملامسة خاصة . وتتكون من منطقة رقيقة من الجليد وهو الغشاء الطلي Tympanic membrane ، ويوجد خلفه كيس هوائي ، وبالتالي يكون الغشاء حر الحركة في الذبذبة . ويتصل بالسطح الداخلي للغشاء أو يكون ملاصقاً له عضو حسي بالملامسة مكون من قضيب حسي ، ويوجد العضو الطلي على رجل الصدر الأمامي في فصيلة صراصير الغيط . وعلى الصدر الأوسط في فصيلة

Hydrocorisae مثل *Plea, Corixa* .. أو على الصدر الخلفى في *Noctuidae* (حرشية الأجنحة) . وعلى البطن في *Geometroidea, Pyralidoidae, Acrididae*

في أفراد *Acrididae* يوجد غشاء طبلى على زائدة توجد على كل جانب من الحلقة البطنية الأولى ومساحة الغشاء الطبلى في الجراد حوالى $1,5 \times 2,5$ مم وعلى الحافة الأمامية يوجد ثغر تنفس يؤدى إلى كيس هوائ أسفل الغشاء الطبلى (شكل ٢٦ - ١٠) . ويتصل عضو الحس بالملامسة بمرکز الغشاء الطبلى وهو معقد يحتوى على ٨٠ جسم خلوية عصبية تتجمع مع خلايا الجسم في عقدة عصبية (شكل ٢٦ - ٩) .

وتتصل وحدات حسية من العقدة العصبية مع الغشاء الطبلى في أربع مجموعات منفصلة تتصل بالحافة أو انغماد من الجليد . وتتصل القضبان الحسية *Scolopodia* مع البشرة والخلايا الموصلة *attachment Cells* (شكل ٢٦ - ٥) . وتمتد القصبيات الهوائية في البشرة والخلايا الموصلة ولكن ليس داخل العقدة العصبية . وتتصل عضلتان مع حافة الغشاء الطبلى ولكن وظفتها غير معلومة .



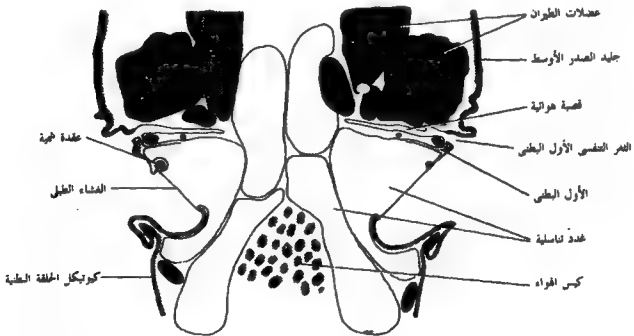
(شكل ٢٦ - ٩) رسم تخطيطى يوضح طريقة اتصال الطبقة العصبية الشمية ، للسطح الداخلى للغشاء الطبل فى الجراد . الجسم القنارزى والزائدة الصرلجانية ذات تركيب جليدى . توجيه القضبان الحسية موجهة بالأسهم .

ويتألف العضو الطويل في كل من Grylloidea و Tettigonioidae حيث يقع في قاعدة الساق الأمامية ويحمل غشاءً طليخياً على كلا الجانبين . وغالباً ما يكون العضو الطويل الخارجي أكبر من الداخلي . وأحياناً كما في Gryllo talpa يوجد العضو الخارجي فقط . في أغلب Tettigonioidae تحتمى الأغشية الطليخية في ثنيات أمامية لجليد الساق (شكل ٢٦ - ١١) ويكون تجويف الرجل كله بين الأغشية الطليخية مشغولاً بالقصبيات الهوائية التي تنقسم إلى اثنين بواسطة غشاء حافى rigid ويتحد الحيز الدموي في الرجل في قنوات من الأمام والخلف .

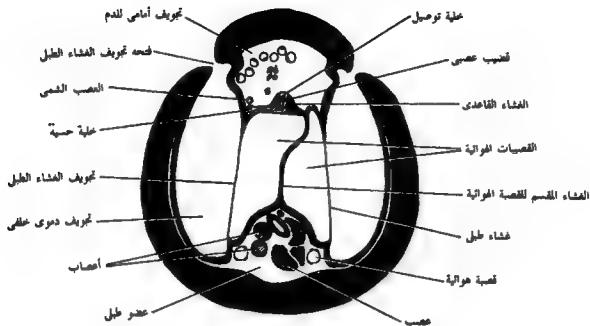
وتحتوي أعضاء الحس الوترية الأساسية ، في *Decanus* على ٤٠ قضيباً حسياً . وأقرب سبعة منها تتحد مع العضو الوسطى Intermediate organ ، وأعضاء الحس الوترية (شكل ٢٦ - ١٢) وباقها تمتد متوازياً مع بعضه في صف يعني . وتضيق الخلايا الحسية في اتجاه الطرف البعيد . ويقع العضو كله بين الخلايا القصبية الزرعية والغشاء القاعدي لتلك الخلايا . وتضيق خلايا القمة Cap Cells للقضبان الحسية الغشاء القاعدي (شواب ١٩٠٦) .

وتستقبل في العصب (Crista acoustica) دائماً فرعاً من العضو الوسط . وآخر قد تستقبل من عضو تحت الفك ، ولكن الأخير له وصلة عصبية أخرى بالعصب الرئيسي الموصل للرجل .

وفي تلك الحشرات وفي Acrididae تكون أعضاء الحس الوترية موجودة في جميع الأعمار ولكن من المحتمل أن تقوم بوظيفتها فقط في العمر اليرقي الأخير واخيرة اليافعة .



(شكل ٢٦ - ١٠) رسم تخطيطي خلال قاعدة البطن في الطماطات ، يوضح موقع الأغشية الطليخية ، أكياس الهواء والفتحات التنفسية .



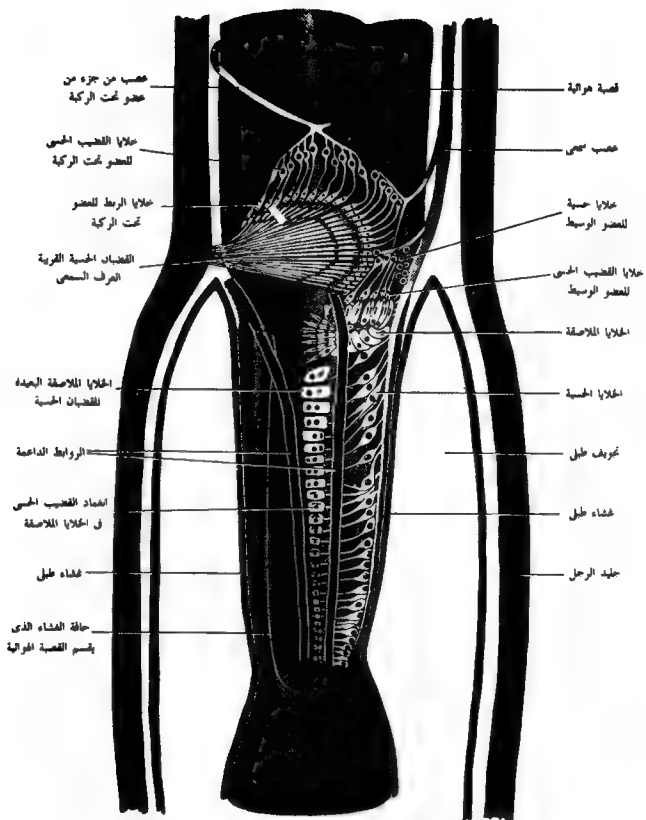
(شكل ٢٦ - ١١) مقطع عرضي خلال قاعدة الساق الأمامية يوضح ترتيب أعضاء الحس الطبلية .

وأعضاء الحس التورية في Noctuoidea تحت الجزء الخلفي من الصدر الخلفي (شكل ٢٦ - ١٣) . والغشاء الطبل يماثله تجويف بين الصدر والبطن يغطي بالفص القاعدي للجناح الخلفي . وبجانب الغشاء الطبل (وينفصل عنه بحافة مدعمة) يوجد غشاء موصل رقيق أبيض اللون (Conjunctive) ، بينما يوجد غشاء ثان في الوسط يماثل الغشاء الطبل ولكن بدون عضو حسي . وهذا الغشاء الثاني هو الغشاء المحيط بالطبلة Counter tympanic membrane الذي يتحمل أن يكون تركيباً مساعداً . عضو الحس الذي يتصل بظهر الغشاء الطبل يحتوي فقط على قضيبين حساسين ويدعم بواسطة سداة هيكلية apodemal ligament (رويدر وترت ١٩٥٧) .

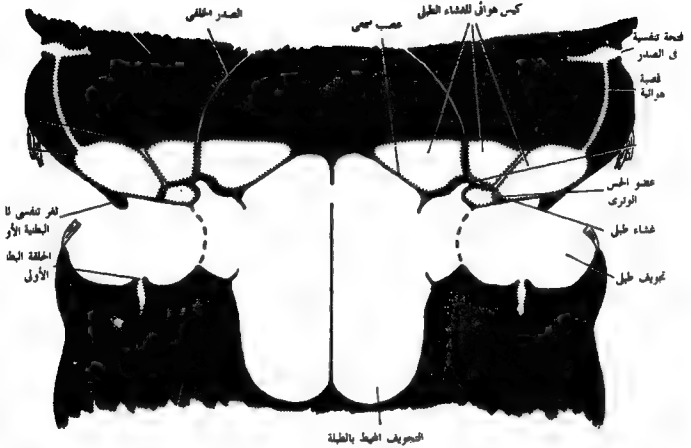
وفي حشرة Cicadas يقع زوج من الأغشية الطبلية في الناحية البطنية الجانبية من النهاية الخلفية للحلقة البطنية الأولى خلف الغشاء الملتوي Folded membrane وأسفل الغطاء Operculum . وتستمر أكياس الهواء التي توجد خلفها عبر التجويف البطنى . وكل عضو وترى يحوى حوالى ١٥٠٠ قضيب حساس داخل محفظة طبلية جليدية ومتصلة مع الحافة الخلفية للعضو الطبل بواسطة زائدة هيكلية apodeme .

٢٦-٣-٤ أداء أعضاء الحس الطبلية

تقوم المستقبلات السمعية باستقبال نبضات الضغط الذى يأتي من مصدر الصوت أو تستقبل التغير في الهواء نتيجة للدذبات .



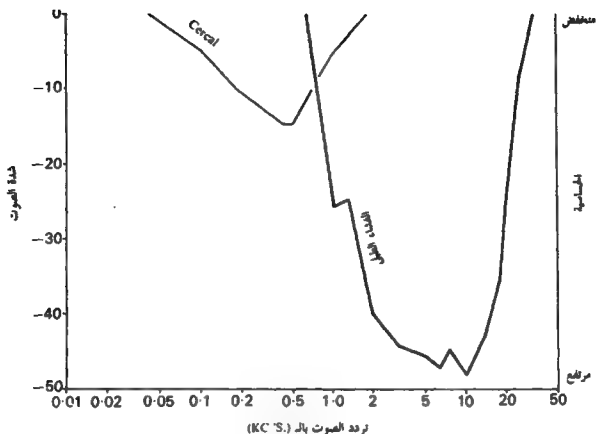
(شكل ٢٦ - ١٢) مقطع طولي للساق الأمامية لحشرة Decricus (Tettigoniid) يوضح ترتيب العضو الطلي وأعضاء الحس الوترية المتصلة به (شواب ١٩٥٦).



(شكل ٢٦ - ١٣٠) رسم تخطيطى لقطع طولى خلال الصدر الخلفى وقاعدة البطن للفراشات *Notuidae*. يوضح الجهاز الطويل (بعد رويدر وترت ١٩٥٧)

هناك نوعان من المستقبلات تُسمى بالترتيب : مستقبلات الضغط Pressure receiver والمستقبل البديل displacement receiver وأعضاء الحس الطبلية وكذلك الأعضاء الأخرى الحساسة للصوت عبارة عن مستقبلات بديلة displacement receiver . لكى يقوم المستقبل البديل displacement بوظيفته يجب أن يكون العضو الطبل tympanum حراً فى التذبذب بدون أى عائق وأن يكون كلا الجانبين للعضو الطبل معرضاً للضوء .

فى الحشرات تخفيض تذبذب الغشاء الطبل إلى الحد الأدنى بواسطة الأكياس الهوائية التى خلفها . بينما كلا حاسب الغشاء الطبل يكون معرضاً للصوت إما بواسطة العزق بين الكيس الهوائى والهواء الخارجى من خلال الفتحة التنفسية القريبة كما فى *Acrididae* (شكل ٢٦ - ١٠) و *Cicadidae* ، أو بأنها تحوى غشاءين متجاورين كما فى *Grylloidea* وحرشفية الأجنحة (شكل ٢٦ - ١١ ، ٢٦ - ١٢) والصوت الذى يصطدم impinging بالغشاء الطبل يجعله يتحرك ، وتنبه تلك الحركة الخلايا الحسية للعضو الحسى الوترى ، وعلى ذلك تنتقل النبضات إلى العصب السمعى . والطريقة التى يحدث بها تذبذب للغشاء وانتقاله ينتج تغيرات كهربية فى الخلايا الحسية غير معروفة لآن .



(شكل ٢٦ - ١٤) شدة الصوت بترددات مختلفة الضرورية لإنتاج استجابة في الأعصاب من شعيرات القرون الشرجية وأعضاء الحس الوترية في حشرة *Oxya* (بعد كاتسوكي وسوجا ١٩٦٠).

وتستجيب الأعضاء الطليعية للمجموعات المختلفة من الحشرات لمدى واسع من التردد • الذي يكون عموماً مرتبطاً مع تردد الصوت الناتج من الاحتكاك . وتستجيب Acrididae للأصوات بالترددات من ١٠٠ (C. sec.) إلى ٥٠ (Kc. sec) و Tettigoniids من ١٠٠-١ (Kc. sec) و gryllids من ٢٠٠ (C. sec) إلى ١٥ (kc'sec) و Noctuids من ٢٤٠ + ١ (kc'sec) و Cicadas من ١٠٠ (C/sec) إلى ١٥ (Kc. sec) . عموماً الحشرات تكون غير قادرة على التمييز بين الأصوات مختلفة الترددات . وفي الجراد Schistocerca و Locusta تكون التنبهات في العصب السمعي منفصلة تماماً عن تردد النبضات ، وقد يحدث عزل للأصوات discriminati. في عقدة الصدر الخلفي التي لها استجابة مختلفة تناسب تردد معين (هوردج ١٩٦١) . وللمضو الطلي في حشرة *Gampsocleis* (مستقيمة الأجنحة) غمطين من أجسام الخلايا العصبية ذات الحساسية العالية للترددات المختلفة (كاتسوكي وسوجا ١٩٦٠) عموماً العضو الطلي يكون أكثر حساسية للمنبه ذي التردد العالي عن التردد المنخفض (شكل ٢٦ - ١٤) .

توجيه الحساسية Directional sensitivity : من الأشياء المميزة للمستقبلات الصوتية البديلة displacemen sound receivers هو أنها تظهر حساسية التوجيه ، حيث تكون أكثر حساسية لموجات الصوت التي ترتطم بالجهاز الطلي

على الموجات المناسبة لمساحة سطحها . ولذلك تستطيع الحشرات أن تحدد مصدر الصوت . وقد وضعت الطريقة التي من الممكن أن يتم بها التوجه في حشرات *tettigoniids* التي تكون حساسيتها منخفضة للأصوات القادمة من الجهة المقابلة للرجل على كل جانب ، ومن هذه المنطقة تزيد الحساسية بحدّة . وكلما مشّت الحشرة للأمام في اتجاه مصدر الصوت استمرت الرجل الأمامية على الجانب الآخر للصوت في الحركة حتى تبدأ شدة الصوت (المنبه) في التغير بسرعة . عند هذه النقطة تتوقف رجل الحشرة عن الحركة ولكن الغشاء الطبل الموجود بالرجل من الجانب يكون متنبهاً على أساس عدم حدوث تغير سريع في سرعة المنبه ، وتستمر الرجل في الحركة للأمام ، نتيجة لذلك ، وتحرك الحشرة *pivoted* تحرك رجلها في اتجاه مصدر الصوت . وهذه العملية تتكرر حتى توجه الحشرة نحو الهدف .

٢٦-٢-٥ وظائف العضو الطبل

تلتصّب الأعضاء الطبلية دوراً هاماً في سلوك الزواج في الحشرات التي يكون فيها التنبيه بالاحتكاك أو سمياً حيث يساعد ذلك على تحديد الاتجاه للجنس الآخر . وهي مهمة أيضاً في تجميع الجراد *Cicadidae* ودور العضو الطبل في حرشية الأجنحة هو تمييز الأصوات التي تنتج عن الخفافيش . وتنتج الحشرات مثل *Myotis* نبضات صغيرة من الصوت حوالي (0.5 msec. long) ، تفصل بمدى ٥-٦ (me-sec) عندما تكون في حالة صيد . وتردد كل نبضة *pulse* تبدأ من ١٠٠ (Kc. Sec) وتنزل إلى ٣٠ (Kc. Sec) أو أقل (جرفيه وآخرون ١٩٦٠) . والعضو الطبل في *Noctuids* يكون حساساً أعلى من كل هذا المدى بأقصى درجة حساسية ١٥ ، ٦٠ (Kc. Sec) . على خلاف العضو الطبل في مستقيمة الأجنحة الذي تأقلم على التنبيه المستمر .

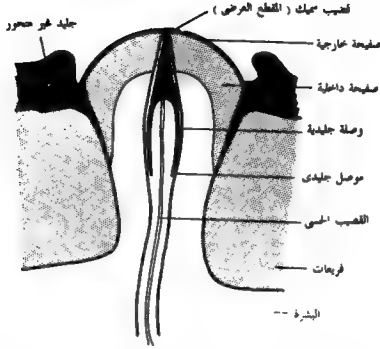
ويمكن للفراشات أن تمييز الخفافيش من على بعد ١٠٠ قدماً . ومن تلك المسافة تكون شدة التنبيه منخفضة ، ويزيد تردد النبضات مع شدة الصوت ، وعلى ذلك كلما اقترب الخفاش فإن تردد النبض في العصب السمعي يزداد وفي النهاية تكون النبضات قريبة من بعضها حتى أن الفراشة يحدث لها تنبيه لكي تقوم باستجابة للتحاشي *avoiding action* .

٢٦-٢-٦ شعيرات حسية جرسية

الشعيرات الحسية الجرسية عبارة عن مساحات من الجليد الرقيق . ذات القبة وغالباً ماتكون يعضاوية في الشكل لها قطر طولي ٢٠ - ٣٠ ميكرون (شكل ٢٦ - ١٥) . وتزداد القبة *dome* سمكاً على امتداد المحور الطولي وتمتد فيها فريعات خلية عصبية واحدة غالباً ماتحاط بقضيب حسي . وهذه الشعيرات الحسية غالباً ماتوجد في مجموعات ، وجميع الشعيرات في كل مجموعة لها نفس التوجيه وكذلك الاتصال بنفس الليفة العصبية ولذلك فهي تعمل كوحدة واحدة .

وتوجد هذه الشعيرات الحسية الجرسية في جميع أجزاء الجسم المعرضة للضغط وتتركز قريباً من أماكن التفصل مثل قاعدة الجناح أو دبوس الأتزان في ثنائية الأجنحة (ارجع لشكل ٢٦ - ٨ ، ٢٦ - ٩) .

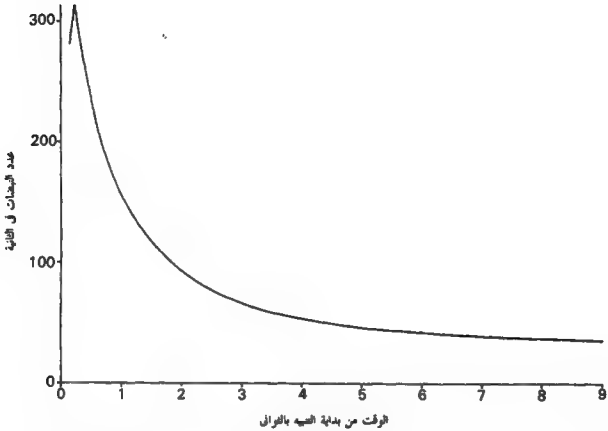
وتوجد على رجل الصرصور ٤ مجموعات على الممدود ، تحتوي كل منها على ١٥ - ٢٠ شعرة حسية واحدة عند قاعدة الفخذ ، وأخرى عند قاعدة الساق والأخيرة على كل حلقة من حلقات الرسخ .



(شكل ٢٦ - ١٥) مقطع تخطيطي خلال شميرة جرسية Compeniform S ensillum

ويحدث كل الضغط (التركيز) على هيكل الحشرة ويمكن أن يكون الضغط على السطح فيحدث تغير في شكل الشعرة الجرسية وبسبب القضيب السميك عبر القبة dome ، قوة ضغط على امتداد طول الشعرة الحسية وترفع القبة dome . بينما يخفّض الامتداد في هذا الاتجاه . وبهذه القضيب عندما ترتفع القبة وذلك بواسطة قوى ضغط Compression على امتداد طول الشعرة الحسية . وعلى سبيل المثال يكون أغلب أو كل الشعرات الجرسية على الرجل موجهة ، وتنبت عندما تكون الأرجل على الأرض ، وتحمل الرجل وزن الحشرة . وكلما طال محور القبة زادت الحساسية للشعرة الحسية في مجموعات الشعرات الحسية الجرسية . ويوجد مدى للأحجام ربما تعطي مدى من الحساسية . (برنجل ١٩٣٨ ب) .

وتقدر استجابة الشعرات الجرسية بصفات الجليد مثل : مرونته وسماكته والتحدب بقوة العضلات الضاغطة على الجليد Curvature ، وطبيعة القوى التي ترجع للجاذبية أو قوة القصور الذاتي وهي تعمل كأعضاء حس باللامسة ، وليست كأعضاء حس بالاحتكاك وهي لا تستجيب لتحركات العضلات ، وعلى ذلك فبعض الشعرات الجرسية تتحكم في الحركة بالنسبة للجناحين ودبوس الأتزان ، وأخرى تتحكم في حركة الرجل ، وعلى سبيل المثال في الصرصور الذي ينشط فيه خافض الرجل الماكس بالنتيجه من الشعرات الجرسية أو المدور (شكل ٢٦ - ١٦) .



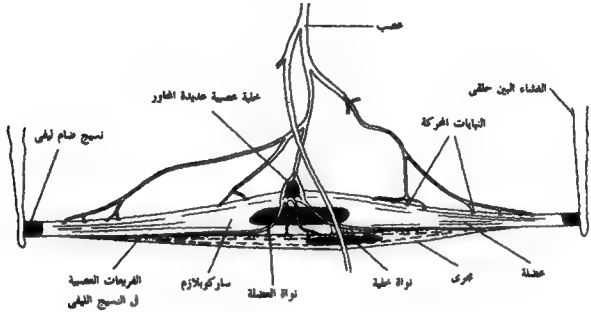
(شكل ٢٦ - ١٦) تردد اللبذبات في الأعصاب لمجموعة من الخلايا الجرسية على الممس الفكي للصرصور يوضح المستوى العالي تبعها مدة طويلة التي تبقى خلالها تردد اللبذبات على مستوى منخفض .

٢٦-٣ المستقبلات المتمددة Stretch receptors

تختلف تلك المستقبلات عن غيرها من الخلايا الحسية في تكوينها من خلية عصبية عديدة المجاور بنهايات عصبية حرة بينما تحوى الأخرى خلايا ثنائية المحور مرتبطة مع الجليد . وهذا النوع من أجسام الخلية تختلف بنوع II ، ونوع I بالترتيب .

وتوجد المستقبلات المتمددة Stretch receptors في النسيج الضام أو متصل بالعضلات . وفي الصرصور يوجد زوج منها في المنطقة الظهرية على كل حلقة من حلقات البطن ٢-٧ منها على أربعة العضلات الطولية . ويحمل جسم الخلية العصبية في نسيج ضام ليفي يتصل بالغشاء بين الحلقة في إحدى نهايتيه وسطح الجسم والعضلات الظهرية في الآخرة . في حشرة Blaberus (Dictyoptera) لاتقلف نهايات الفروع الشجرية في داخل النسيج الضام في خلايا Schwann ، كما في بقية الخلية العصبية ، ويكون قطرها نحو ١ ، ٢ ، ٠ ميكرون فقط . ويتكون النسيج الضام من مادة مدعمة matrix بها لويقات منغمسة فيها ولكن بدون غشاء يحددها ولذلك فهي على اتصال مباشر مع

الهيموليمف والخلايا الدموية Plasmotocytes وتكون قريبة من السطح ، وتساعد الألياف المرنة في دعم الخلية العصبية وربما قد تمنعها من أن تبتعد .



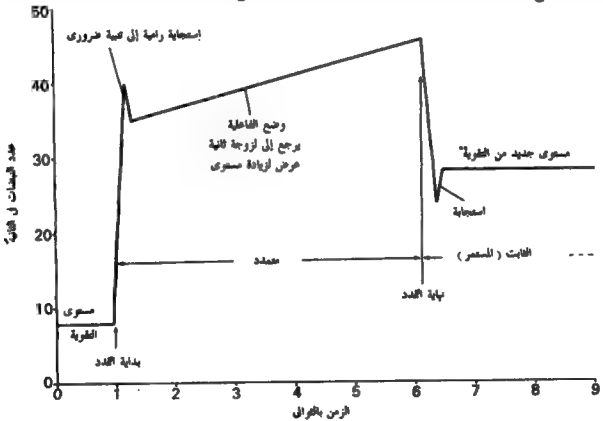
(شكل ٢٦ - ١٧) رسم تخطيطي لـ مسطح متعدد Stretch receptors في يرقة Antherea

وتحمل Acrididae كذلك مستقبلات ممتدة stretch receptors في الجزء الظهرى من البطن ، النهايات الشعرية تتصل مع ليفة عضلية رقيقة تمتد من النهاية الأمامية لحلقة ما إلى النهاية الأمامية للحلقة التالية مكونة جزءاً من العضلات الظهرية الطولية . وتندمج المستقبلات الممتدة stretch receptors مع العضلات كذلك في يرقات حشرية الأجنحة وكذلك العنابر والحشرات الكاملة . وكذلك في رتب Trichoptera وشبكية الأجنحة ولكن في الأخيرة يكون الرباط العضلي muscle strand منفصل عن العضلات الأخرى وله وصلاته العصبية المستقلة وهو يحوى أليافاً عضلية نمطية ، ولكن الكثافة تكون قليلة sparse في مركز الليفة التى تحوى كمية كبيرة من السيتوبلازم العضلي sarcoplasm ونواة كبيرة (شكل ٢٦ - ١٧) ومتصل مع العضلة ومنفصل جزئياً فيها أنبوبة من النسيج الضام يُسمى بالمرمر الليفي fibre tract الذى يحوى على ألياف موجودة في المادة الخلوية matrix وتفرز تلك الألياف من خلايا الممر Taret cells التى تقع في النسيج الضام ولها كذلك نواة ضخمة . والخلية العصبية neuron لها فرعان وأربعة فروع شجرية تمتد على طول الممر الليفي ، تظل حرة في المركز ولكنها ترتبط بهذا الممر بنسيج ضام في النهايات . ومن تلك الفريعات الأصلية تخرج فريعات جانبية تكون موجودة في القمة وغير منغصة في خلايا Schwann ، تمر إلى الخارج ويغمد طرفها في داخل الممر الليفي (أوسبورن وفنالسوف ١٩٦٥) .

وليرقات Antherea (حشرية الأجنحة) زوج من المستقبلات الممتدة stretch receptors في التسع حلقات البطنية الأولى مباشرة فوق العضلات الظهرية الطولية . وفي التحول metamorphosis تختفى العضلات الطولية

الظاهرة لروقات حرشفية الأجنحة معاعدا الموجود منها في الحلقات ٨ ، ٩ البطنية حيث توجد المستقبلات المتعددة تدخل في التحول ويعد تمييزها وكذلك العضلات المتصلة بها (فليسون وموات ١٩٦٣). وتعتبر تلك الشعيرات الحسية كأعضاء حس باللماسة وتنبه بالاحتكاك . وعند الغياب الكامل للتوتر tension لا توجد محصلة Output ولكن تحت ظروف التوتر العادي تؤثر بمعدل ٥ - ١٠ نبضة / ثانية يستمر لمدة ساعات وبالاحتكاك يستمر تردد النبضات ويتناسب التردد المعدل adopted frequency مع طول المستقبل . وللمضلة على ذلك tonic response وظيقتها في التقوية يزيد تردد النبض بسرعة velo city الرباط وعلاوة على ذلك تحدث مجموعة من الأصوات عند أى تنبيه للاحتكاك ، وعند البداية أو عند الاحتكاك . عندما يكتمل الالتصاق أو الاحتكاك فإن تردد النبض ينخفض إلى مستوى جديد (شكل ٢٦ - ١٨) .

والتردد الذى يستجيب له المستقبل بالتنبيه الدورى ربما يتحدد بكثافة viscosity مادة النسيج الضام التى تنتهى فيها الفربعات ، ولكن العضلات التى تتحد مع مستقبل متمد stretch لحرشفية الأجنحة ربما يتجاوز offset هذا التأثير لحد ما ويأخذ وضع الاستشعار stack عندما ينطلق المستقبل فجأة . وتحدث الراحة (التراخي) انخفاضا مفاجئا في ال كفاءة output المستقبل وهذا يؤدي إلى زيادة قليلة في تردد النبضات للمضلة ، وعلى ذلك فهى تنقبض وعلى العكس عند ينه المستقبل المتحد بالإن التنبيه المقوى tonic stimulation للمضلة يشبط وبالتالى ترغى . هذه ربما يكون لها تأثير في منع التنبيه الزائد للمستقبل خلال التمدد السريع (ويفرز ١٩٦٦) .



(شكل ٢٦ - ١٨) تردد النبضات في العصب من المستقبل التمدد stretch receptor في يرقة Anthraes قبل ، خلال وبعد فترة من التمدد الثابت .

٢٦-٤ حويصلات التوازن Statocysts

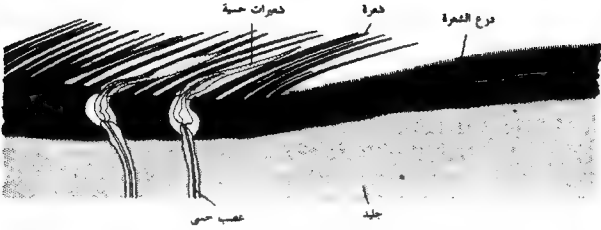
توجد حويصلات التوازن المكتملة النمو عادة في الحشرات ، ولكن في *Dorymyrmex* (غشائية الأجنحة) ، يوجد حويصلات التوازن على الصدر الحلقى مباشرة خلف الحرقفة *Coxa* . وتتكون من انغماد في الجليد يحدد بواسطة شعيرات حسية *Tactile hairs* . ويوجد في التجويف واحد أو اثنين من الحبيبات الرملية *Sand grains* التي تدعم بواسطة زائدتين جليديتين . على الرغم من أنها لا تقدر على الحركة الكثيرة ولكنها حرة في الحركة ، وإذا غرت الحشرة اتجاهها كنتيجة لتغير الاتجاه فإنها تضغط على بعض الشعيرات . وتنبه الشعيرات المختلفة بتغير الاتجاه ، وعلى ذلك تعمل الأعضاء كمستقبلات للجاذبية الأرضية *gravity receptors* ، وتوجد أعضاء أخرى مثلها في رأس *Anoplotermes* (Isoptera) ، وغرهمولكن يحمل حصوات توازن *Statolith* جليدي يحمل الحبيبات الرملية على الاسترنة الأولى في حشرة *Dorymyrmex* (ماركوس ١٩٥٦) .

ويوجد عضو يسمى عضو بالمن *Palmen's organ* الذي ربما يعمل كحويصلة توازن *Stato cyst* في رأس الرقعة والحشرة الكاملة من *Ephemeroptera* . وهذه تتركب من ندبة *nodule* جليدية توجد عند اتصال أربعة قضبان هوائية تقع في المنطقة الوسطية الظهرية خلف العيون . ولا يوجد إمداد عصب خاص لهذا العضو ، ولكن يحلل سلوك الحشرات التي تحمله إذا ما أزيل .

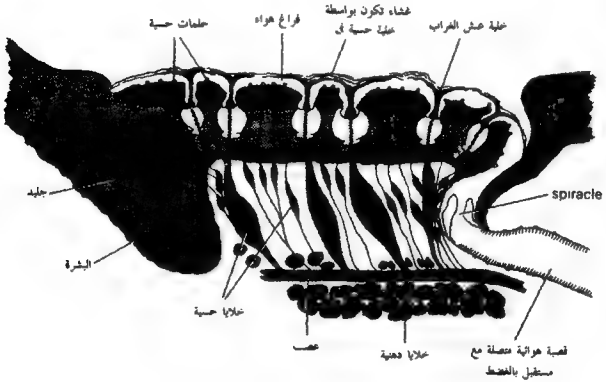
٢٦-٥ مستقبلات بالضغط Pressure receptors

أغلب الحشرات المائية تكون عائمة *buoyant* بسبب الهواء الذي تحمله أسفل الماء عندما تغوص *Submerge* ، ولكن *Aphelocheirus* (رتبة مختلفة الأجنحة) التي تعيش في قاع البحار المائية وتنفس عن طريق الدرع المائي ولا تكون عائمة . وعلى الرغم من أن الدرع *plastron* يمكنها أن تحدث ضغطاً ، فهي تعمل بكفاءة في الماء ذي الأكسجين العالي مثلاً كما في بحار الماء الضحلة . توجد ميكانيكية معينة تميز العمق التي تعتبر ميزة من سمات *Aphelocheirus* . على الرغم من أنها غير ضرورية في غالبية الحشرات المائية .

وعلى السطح البطني للحلقة البطنية الثانية لحشرة *Aphelocheirus* يوجد انخفاض ضحل يحتوي على شعيرات غير قابلة للبلل *hydrofuge* تكون أطول من شعيرات الدرع *inclined plastron* وتكون منحنية بزاوية حوالي ٣٠° من سطح الجليد وتنتشر عليها شعيرات حسية رقيقة الجدار (شكل ٢٦ - ١٩) وحجم الهواء الذي ينتج هذه الشعيرات يعتمد على التوازن بين ضغط الهواء في الداخل وضغط الماء الخارج . وإذا ما تحركت الحشرة في ماء عميق فإن الزيادة في ضغط الماء تقلل حجم الهواء وبالتالي فإن الشعيرات يحدث لها التواء ، حاملة معها الشعيرات الحسية التي تكون قد نهبت . وتستجيب الحشرة لتلك الزيادة في الضغط بالعمود لأعلى ، ولكن لا تكون هناك استجابة للانخفاض في الضغط .



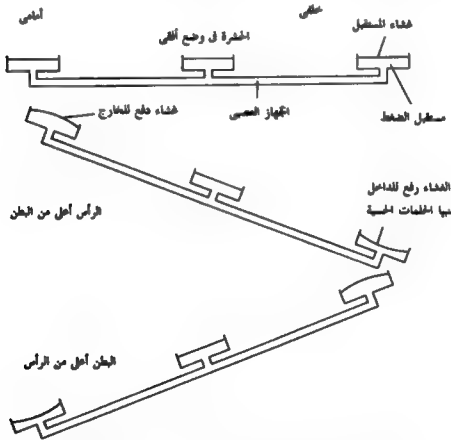
(شكل ٢٦ ١٩) مقطع خلال حافة عضو حسي بالضغط في حشرة *Aphelo cheirus*



(شكل ٢٦ ١٩) مقطع في جهاز حسي بالضغط في حشرة *Nepa*

والتغير التوتري الغازي gas tension في الماء بتأثير تبادل الغازات ، ربما قد يؤثر كذلك على الضغط في الجهاز العصبي ، وعلى ذلك قد تؤثر على حجم الهواء المحجوز بواسطة الشمرات غير الميتة hydro fuge . ومع ذلك فإنه من الممكن ممثل تلك التفجيرات الصغيرة قد تتسع damped out بالتمدد أو الانسحاب أو الانقباض للكيس الهوائي الموجود على القصبه الهوائية قريباً من الثغر التنفسي مؤدياً إلى انخفاض في فاعلية المستقبلات depression housing the receptor (ثورب و كرنب ١٩٤٧ ب) .

وتوجد مستقبلات الضغط كذلك في *Nepa* (مختلفة الأجنحة) التي يوجد بها زوج على أسترنة كل حلقة بطنية (٣-٥) وتوجد نهايات الأعصاب في الصفائح وحلقات الحس Sensory papillae على الجدار الداخلي للفراغ الهوائي ، وتنبه بواسطة الصفائح الضاغطة عليها . ويفتح ثغر تنفسي في الفراغ ، وعلى ذلك فالقراغات في الثلاثة أعضاء على جانب واحد تتصل من خلال الجهاز القصبي . ولا تعطى المستقبلات استجابة عامة في كل زيادة في الضغط ولكن يحدث تنبيه مختلف للأعضاء في جانب واحد محدثة استجابة . وإذا ما انتشت الرأس لأعلى فإن الهواء في جهاز مستقبل الضغط يميل للارتفاع في اتجاه الرأس . وكنيجة لذلك فإن الصفيحة أو الصفائح الأمامية التي تأخذ شكل عيش القراغ تميل للدفع للخارج بينما الموجود منها على العضو الخلفي تنطبق Collaps أمام الحلقات ، وبذلك يحدث تنبيه للعضو (شكل ٢٦ - ٢٠) . والعكس صحيح إذا انخفضت الرأس لأسفل وبهذه الطريقة فإن الحشرة تحصل على مؤشرات لاتجاهها .



(شكل ٢٦ - ٢٠) رسم مخططي يوضح فعل مستقبلات الضغط في حشرة *Nepa*

الفصل السابع والعشرون

الإستقبال الكيماوى

CHEMORECEPTION

يمكن حدوث التنبيه بالكيماويات بطرق كثيرة أولاً : إذا وجدت الكيماويات في الصورة الغازية وبتركيز منخفض نسبياً فربما تستقبل كروائح وميكانيكية الاستقبال تسمى بالشم Olfaction . ثانياً قد يحدث الاستقبال نتيجة للملامسة مباشرة إذا ما وجد في صورة سائلة أو في محلول ذى تركيز مرتفع نسبياً وهي تسمى مستقبلات كيماوية باللامسة Contact chemoreception وليست منفصلة تماماً عن الشم . وأخيراً ، الحشرات التى لها أعضاء حس كيماوية يمكنها تمييز التركيزات العالية من المواد المهيجة (النفاذة) مثل الأمونيا .

والشعيرات الحسية المختصة بالحس الكيماوى منتشرة ، وتوجد أساساً على قرون الاستشعار وأجزاء الفم والأرجل ، وهى عموماً مميزة بنهايات عصبية دقيقة ومُعَرَّضة من خلال فجوات في الجليد والمستقبلات الشمية Olfactory receptors غالباً يكون بها العديد من الخلايا الحسية التى يستجيب كل منها لمدى من المواد التى في بعض الأحيان تكون متخصصة في تمييز الكيماويات ذات الأهمية الخاصة للحشرات وللمستقبلات الكيماوية باللامسة عدد قليل من الخلايا الحسية تستجيب كل منها لمجموعة معينة من الكيماويات وتتميز الكيماويات هام في حالات كثيرة من حياة الحشرات فمثلاً قد تنبه الرائحة الحشرات بوجود الغذاء أو التزاوج ، بينما يكون الاستقبال الكيماوى باللامسة مهماً في التمييز النهاى للغذاء ومكان وضع البيض Oviposition site أو التزاوج . ارجع إلى الموضوعات الخاصة بالاستعمال الحسى الكيماوى إلى يوك (١٩٦٥) ، دنير (٥٣ ، ٦٢ ، ١٩٦٣) ، وسلفدر (١٩٧٠)

٢٧-١ الشم Olfaction

٢٧-١-١ المستقبلات

من غير المؤكد دائماً تمييز المستقبلات الشمية ، لأنها غالباً ما يكون تليها مبنياً على نتائج تجارب إزالة أو فصل الأعضاء . ومن المؤلف أن تكون المستقبلات الشمية عبارة عن وتد مخروطية القاعدة basiconic pegs رقيقة الجدار أو وتد مخروطى التجويف Coeloconic Pegs والوتد المخروطى القاعدة الرقيق الجدار موجود على قرن استشعار

T1V

تشغل تجويف الودت والخلايا المكونة للشعرة الحسية Sensillum تعاط بألياف على السطح الخارجي لخلية الشعرة Tormogen التي تحيط بالخلايا الأخرى (سلفر ١٩٦١ ، سلفر وسيكون ١٩٦٤) .

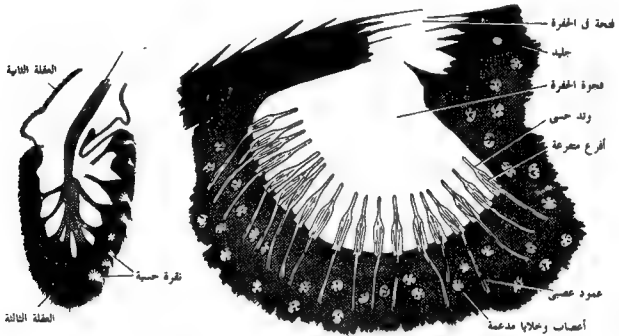
توجد شعرات حسية مماثلة في قرن استشعار الحشرات في كل الرتب الكبيرة . مع بعض الاختلافات فمثلاً في Lygaeus (مختلفة الأجنحة) التي فيها المناطق شبيهة الخيط للفريمات تكون أكثر ، وتصل تقريباً إلى قمة أو طرف القضيب الحسي ، بينما يوجد على قاعدة الخيط أجسام قاعدية basal bodies ، ويمتد الجذير rootlets لمسافة قصيرة في الفريمات .

وتوجد أوتاد مخروطية التجويف Coeloconic Pegs في قرون استشعار النطاطات والفكوك الأمامية للنحل . وفي النطاطات تكون الأوتاد قصيرة حوالي ٨ ميكرون في الطول، وهي امتداد للأوتاد السمكية Thick-walled الجدار ذات القاعدة المخروطية basiconic ، ولكن توجد في تجويف تحت المستوى العام لسطح الجليد وقطر هذا التجويف حوالي ٢٠ ميكرونا ويكون مفتوحاً إلى الخارج (شكل ٢٧-٢) وكل شعرة حسية تحتوي ثلاث أو أربع خلايا عصبية وتوجد نهايات الفريمات في قمة الودت .



(شكل ٢٧-٢) رسم تخطيطي لشعرة مخروطية التجويف في قرن استشعار النطاط (سلفر وآخرين ١٩٥٩) .

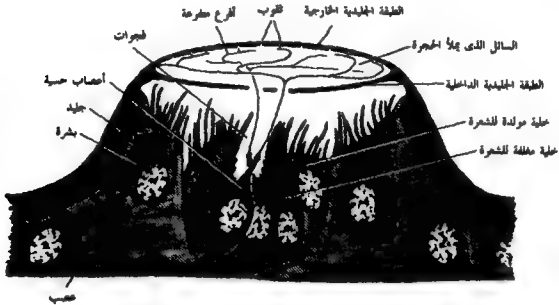
وتوجد أعضاء يمكن مقارنتها بالشعيرات الحسية ، ألا وهي النقر الشمية ، ولكن كل نفرة تحتوى على شعيرات حسية كثيرة ، وتوجد على عقلة قرن الاستشعار الثالثة في ذباب *Cyclorhaptia* ، وعلى الملمس الشفوي في حشرات حرشفية الأجنحة وشبكية الأجنحة . وفي ذبابة اللحم *Sarcophaga* توجد حوالى ٥٠ من تلك النقر الشمية على كل قرن استشعار للذكر ، ولكن يوجد منها أكثر من ٢٥٠ على كل من قرني الاستشعار في الأنثى . وفي الذبابة الزرقاء *Ptormia* يوجد فيها ٩-١١ على قرن استشعار الذكر ، ١١-١٦ على قرن استشعار الأنثى . وبحرس مدخل كل نفرة أشواك تمنع دخول الأتربة ، وتحتوى النقر الأكبر في ذبابة اللحم على ٢٠٠-٣٠٠ شعرة حساسة . توجد نقر شمعية على السطح الظهري الجانبي لقرن الاستشعار تحوى أنماطاً أخرى من الشعيرات الحسية (سلفر وسيكون ١٩٦٤) .



(شكل ٢٧-٣) أ رسم تخيلي لمقطع طول لقرن الاستشعار في ذبابة اللحم يوضح مواقع النقر الحسية
ب - تفاصيل أكثر لنقرة حسية واحدة

ويوجد نمط آخر من الشعيرات الحسية لها وظيفة شمية هو العصب الصفائحي (Plate organ) (شكل ٢٧-٤) وتوجد أعضاء من هذا النوع على العقليتين القاعدتين لقرن الاستشعار في المرب وتكون من مناطق بيضاوية للمحاذ الشفاف بمحد القطر، حيث يكون في حشرة *Megoura* من ٦٠-٢٥٠ ميكروناً . جليد الصفيحة أو السطح يكون رقيقاً سمكه حوالى ٣٥ ، ميكروناً بعد ٢ ميكرون يوجد أسفله طبقة ثالثة من الجليد المثقوب، وبالتالي يوجد سائل يملأ الفراغ بين الطبقتين ، ويوجد بالفجوات التي تكوّن خلية الشعرة عدد قليل من الخلايا الحسية تتحد مع كل شعرة حسية ، كما يوجد بكل فرع من الفريعات حلية شه هدية الفريعات تمتد في اتجاه الجليد السطحي من خلال

ثقب يوجد في الطبقة الداخلية ويتكرر تفرع الفرقة المملوءة بالسائل وتكون الفروع الدقيقة ملاصقة من أسفل لحصل الشعر Surface cutis . حيث تمر الخيوط من خلال ثقب في الطبقة الخارجية من الجلد وتبدو هذه الثقوب مفتوحة في الفرد المنسلخ حديثاً ، ولكن ليس من المؤكد وجودها في الحشرات المسنة (سلفر وآخرون ١٩٦٤) ويوجد العضو الصفائحى Plate organ على قرن استشعار النحل ولكن ليس من المؤكد هنا وجود ثقب في الجلد والفروع لا تصل إلى السطح . (أرجع إلى شنيدر واستين برنت ١٩٦٨)



(شكل ٢٧-٤) رسم تخطيطي لعضو صفائحى Plate organ في قرن استشعار النحل (سلفر وآخرون ١٩٦٤)

٢٧-١-٢٧ طريقة عمل المستقبلات الشمية :

أغلب الشعيرات الحسية لها عدد من الخلايا الحسية ، وعلى الأقل في بعض الحالات كل خلية تستجيب بطريقة معينة إلى الروائح المنتشرة ، وتحدث بعض الروائح استجابة معينة في خلية ما بينما الخلايا الأخرى لا تستجيب لهذه الرائحة . وتتأثر أو تستجيب الخلايا المختلفة بعدد معين من الروائح وقد تتداخل مع بعضها . وتتأثر خلايا أخرى بروائح معينة تكون مؤثرة بالنسبة للنوع الحشرى ولذلك فخلايا معينة في الشعيرات الحسية للذكر Antherea تنبه بفرمون الأنثى Female pheromone ، ولكن تستجيب لنفس الفرمون الأنواع الحشرية القريبة من Antherea مثل Bombyx ، ولا توجد أى خلية في مستقبلات الأنثى تعطي هذه الاستجابة (بوك وآخرون ١٩٦٥) . وتقاس إستجابة قرن الاستشعار ككل عموماً بواسطة جهاز المختر الكهربائي لقرن الاستشعار electroantogram الذى من المحتمل أن يمثل مجموع الجهد التولد generator potentials للخلايا الحسية . ويعرف هذا بالجهد المحتمل Sustained potential الذى قد يكون غير مستقطب depolarising أو أنه يبط فرط الاستقطاب hyperpolarising الذى يحدث .

وفي ذكر دودة الحرير *Bombyx* ينتج جهداً محتملاً غير مستقطب Sustained depolarising Potential ينتبهه أو تنشطه برائحة الأنثى ، وكذلك يحدث استجابة ماثلة بالنسبة للروائح في الفراشات العملاقة *Saturniid* ، ويزيد التوتر الذي يتزايد بالاستجابة إلى التنبيه الخاص يزيد من مدى المختر الكهربائي لقرن الاستشعار كلما زاد تركيز رائحة الأنثى وهذا قد يؤدي إلى تغيير في السلوك الذي يرتبط بهذه الزيادة التنبيه بمواد أخرى مثل الزيلين يظهر في المختر الكهربائي لقرن الاستشعار في صورة أخرى ، ولكي تحدث استجابة لعدد معين من الجزئيات من الرائحة المنبهة فإنها يجب أن تصل إلى المستقبل الحسي وهذا يسهل حدوثه بواسطة كثر من الشعيرات الحسية . وبوجود عدد من الخلايا الحسية في كل شعرة يحدث تضاعف لعدد النهايات العصبية في جدار الوتد الحسي Sensory Peg ويفهم مع ذلك أن الحد الحرج للروائح يكون أقل عندما يكون عدد الشعيرات الحسية كبير . وكذلك ربما يدخل في ذلك الاختلاف في عدد الشعيرات تبعاً لأنواع الأعضاء الحسية في الحشرة ، ففي ذبابة الـ *Phormia* مثلاً يكون قرون الاستشعار أكثر حساسية للروائح أكثر من الملابس الشفوية وتلك تكون أكثر حساسية من الشفوية .

٢٧-١-٣ الاستجابة السلوكية للروائح

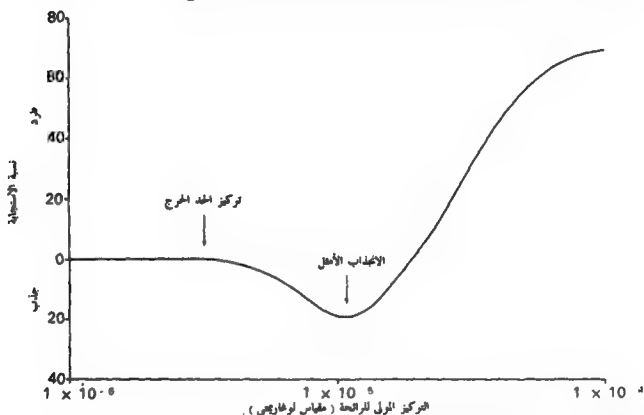
للتنبيه بواسطة الروائح أثره في إحداث النشاط لبعض المواد تجذب الحشرات والبعض يطردها ، والبعض يتحاشى التنبيه ، بينما في بعض الحالات تختلف الاستجابة بتركيز الرائحة . ويتوقف تأثير الرائحة المنشطة إذا ما كانت جاذبة أو طاردة على الحالة الجنسية التي تكون عليها الحشرة وعلى ذلك الحشرات الرمية تتفاعل موجياً لرائحة الأمونيا التي تربط برائحة اللحم الفاسد decaying meat ، وإنث الذباب الأزرق التي تضع بيضها على اللحم تنجذب إليه أكثر من الذكور . ومن جهة أخرى تكون رائحة الأمونيا بجميع تركيزاتها طاردة للكثير من الحشرات وكذلك تتحكم الناحية الوراثية في عملية جذب الذكور إلى الإناث . وقد تحدث بعض التحورات في الاستجابة الوراثية كنتيجة للظروف البيئية . مثلاً *Nemeritis* (من غشائية الأجنحة) الذي عادة ما يكون متطفلاً على حشرة *Ephestia* ، تضع أنثاء البيض في يرقات العائل الذي يجذب إليه بالرائحة .

الحشرات الكاملة من *Nemeritis* التي ربيت على حشرة *Ephestia* لا تستجيب لرائحة يرقات *Meliphora* (حشرية الأجنحة) ، ولكن إذا ما عرضت لرائحة *Meliphora* لمدة يوم أو أكثر قبل التجربة فإن الطفيل يجذب هذه الرائحة ، ولكن هذا الانجذاب لا يكون ذا قيمة بجانب انجذابها لك *Ephestia* التي تظل دائمة .

وللظروف السائدة أثناء الطور الرق بعض الأهمية ، حتى يمكن جعل الـ *Nemeritis* تضع البيض في حشرة *Meliphora* وينمو الطفيل نمواً عادياً . الحشرات الكاملة الخارجة تنجذب لرائحة *Meliphora* على الرغم من أن الـ *Ephestia* هي المفضلة لديها . حتى إذا استمرت تربية الطفيل على العائل غير التقليدي لمدة ٨ أجيال لا يحدث تغير في استجابة وتفصيل الطفيل للعائل الأصل .

وهناك بعض التأثير الذاتي الذي يجعل الحشرات تستجيب للحالة الفسيولوجية ، فمثلاً تنجذب يرقات الذباب الأزرق لرائحة الأمونيا خلال فترة التغذية ، ولكن عندما تنتهي التغذية في العمر الرق الثالث (في الوقت الذي تترك فيه يرقات الطعام لكي تتعذر) فإن الاستجابة للأمونيا تصبح عكسية .

كذلك تؤثر حالة التغذية على استجابة حوريات الجراد لرائحة الطعام ، فاليرقات التي اكتملت تغذيتها لا تستجيب لرائحة الطعام ، ولكن بعد تجويعها لمدة ساعات فإنها تقوم بتحركات في اتجاه مصدر رائحة الطعام . (هيسل ، باسكين ومورهوس ١٩٦٢) . وعلاوة على ما سبق فإن الاستجابة تختلف حسب تركيز رائحة المنبه ، عموماً فإن قوة الاستجابة سواء بالانجذاب أو الطرد تزيد مع التركيز ، ولكن بعض المواد تكون جاذبة بتركيزها المنخفض ، ولكن تنوقف الاستجابة عندما يكون التركيز مرتفعاً (شكل ٢٧-٥) . من الثغرات السلوكية التي قد تحدث من زيادة التركيز في الرائحة . على سبيل المثال فإن إناث *Bombyx* تستأنف استجابة التوجيه من الذكر بالتركيزات المنخفضة ، ولكن بالتركيزات العالية تجعل الذكر يستجيب للتزاوج .



(شكل ٢٧-٥) التغير في الاستجابة في الذبابة البرية *Musca* (ذبابة الأجنحة) لتركيزات مختلفة من الرائحة لمركب *iso-valeraldehyde* التركيزات تنخفض لليسار من الشكل (ديفر ١٩٦٣)

ترتبط حساسية الحشرات للروائح المختلفة بالصفات الطبيعية للرائحة وبالتالي لتركيبها الكيميائي . وعلى ذلك مع سلسلة متشاكلية (متناظرة) من الكيماويات العضوية تنبه الفراشات والذباب بزيادة التركيز كلما زاد طول السلسلة للكيماويات (شكل ٢٧-٦) ، وكذلك الزيادة في طول الجانب الهامضي للجزيء ، مثل الإستر يكون أكثر فعالية من الزيادة في الجانب الكحولي . يرتبط طول السلسلة بنقطة الغليان *boiling point* وكذلك الذوبان في الماء . ويمكن للحشرات أن تفرق بين الروائح حيث إنها تكون متخصصة بالنسبة للفرومونات . والحقيقة أن أنثى *Xenopsylla* (*Siphonaptera*) خافية الأجنحة (تنجذب لرائحة الفئران البيضاء وليس لرائحة أى قوارض أخرى (شولوف ولوز ١٩٦٤) .

مستطبع (الذى درس بالتفصيل) تميز الزيوت الأساسية المشتقة من الرنتقال من ٢٣ رائحة أخرى تضم ٣ زيوت أخرى أشقت من ثمار الموالخ وقد يتداخل الأمر معها بالنسبة لزيوت الموالخ لحد ما . ويمكنها كذلك تميز أى تغير فى الروائح . وعلى ذلك فالتحل للمرب على رائحة ١٪ بنزول استيت يمكن فصل هذا من مخلوط يحوى ١١٩ جزءاً من ١٪ بنزول استيت إلى ١ جزء لينالول Linalol (ربانوس ١٩٥٥) .

٢٧-١-٤ فاعلية تميز الرائحة

للتنبية الشمى أهمية بالنسبة لكثير من الحشرات فى العثور على الطعام . فالأنواع الرمية Carrion التغذية مثل *Necrophorus* (غمدية الأجنحة) تنجذب لرائحة الأمونيا ، و *Leptinotarsus* (غمدية الأجنحة) تستجيب استجابة موجبة لرائحة الأسيتالدهيد من البطاطس . تستجيب *Philonotus* للحشرات التى لها رائحة النحل . بالنسبة للنحل تساعد رائحة الزهور على أجسام الشغالات العائدة الشغالات الأخرى فى معرفة مكان الطعام وهذا يسهل عادة تمييز الأزهار التى تمت زيارتها برائحة المستعمرة .

وتنجذب إناث الحشرات عادة لمكان وضع البيض المناسب بالرائحة فالإناث الملقحة من *Lucilia Sericata* (ثنائية الأجنحة) تنجذب لرائحة الصوف . وهذه الحشرة عادة ما تضع بيضها على صوف الأغنام الحيقولكن الحشرات القريبة منها مثل *Calliphora vomitoria*, *L. illustria*, *L. Coeser* لا تهاجم الأغنام فى ألبترا ولا تنجذب للصوف (كراج وكولى ١٩٥٦) ويمكن للطفيل *Physo* (من غشائية الأجنحة) تمييز بركات المائل Sirex (غشائية الأجنحة) على بعد عدة بوصات فى الخشب كنتيجة للتنبية بالشم . الروائح فى صور الفرمونات لها أهمية كبيرة فى كثير من الحشرات فى تسهيل التقاء الجنسين . فى بعض الحالات تكون مهمة فى المراحل الأخيرة من المداعبة الجنسية Courtship . فى الحشرات الاجتماعية رائحة المستعمرة تكون مهمة فى التعارف بين أفراد المستعمرة وتتميز أى فرد دخيل عليها .

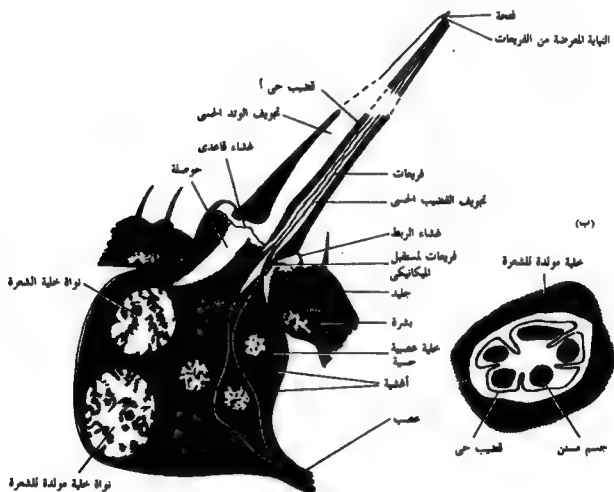
٢٧-٢ استقبال الكيماويات باللمس Contact chemoreception

٢٧-٢-١ المستطبات

أكثر أعضاء استقبال الكيماويات باللمس التى درست تفصيلاً هى الشعيرات الحسية فى trichoid على أرجل وأجزاء فم ذبابة القوروما *Phomia* . وهى عبارة عن ٣٠-٣٠٠ ميكرون فى الطول . ومن القمة ينغمد القضيب الحسى ، ويتصل مع جذلر الشعرة وعلى ذلك فتجوف الشعرة ينقسم إلى اثنتين (شكل ٢٧-٦) .

يمتد القضيب الحسى لأسفل حتى مستوى ال Perikarya الذى ينغمد جذره ، وعلى ذلك فالفريعات تنفصل عن بعضها البعض (شكل ٢٧-٦ ب) . يتصل بكل شعرة حسية من ٤-٦ خلية عصبية ، ولكن الفريعات لأحد هذه الخلايا العصبية التى تنهى عند قاعدة الشعرة ، تعمل كمضو حسى ميكانيكى mechanoreceptor/وبذلك يصبح مكوناً من ٣-٥ فريعات تمتد خلال تجويف القضيب الحسى حتى قمة الشعرة ، بينا فى الذباب الواخر Stomoxys (ثنائية الأجنحة) تكون معرضة للجو الخارجى ، حتى نقطة الدخول فى القضيب الحسى ، فإن الفريعات تغلف

بنشاء ، ولكن هذا يكون غالباً في القضيب الحسي ، هذا النشاء يكون حاجزاً عبر قاعدة الشعرة ، ربما قد يساعد على نقل الحركة في الشعرة إلى الفريجات الخاصة بالحس الميكانيكي . الخلية المولدة للشعرة Trichogen Cell تعتبر أكبر جزء في مكونات الشعرة الحسية حيث تحتوي على حوصلة كبيرة وغلاف خارجي يغلف كل الخلايا بما فيها خلية الشعرة المخلقة tormogengen التي تغلف فقط الخلية المولدة للشعرة من الطرف البعيد . (دتير ١٩٦٣ ، لارسون ١٩٦٢) وتوجد الشعيرات الحسية من هذا النوع توجد على الرسغ وأجزاء الفم لكثير من الحشرات ، وعلى آلة وضع البيض لمثل تلك الحشرات مثل الهاموش وصراصير الغيط .



(شكل ٢٧-٩) أ - رسم تخطيطي للشعرة الحسية المستطيلة للكمماويات في ذبابة Phormin ب - مقطع عرضي خلال القضيب الحسى للشعرة تقريباً قريب من قاعدة الشعرة يوضح التصادمات الحسية بين الفريجات .

٢٧-٢-٢ عمل مستقبلات الكيمائيات بالملامسة

الشعيرات الحسية بالتلامس مع المواد الكيميائية ، ولكي تنبيه الشعرة الحسية فإن تلك المادة المعنية يجب أن تحدث عدم استقطاب لغشاء الفريعات الحسية ، ليس من المعروف كيف يحدث ذلك ، ولكن من المقترح أنه في حالة السكريات فإن جزيء السكر يتحد مع مستقبل خاص الذي يملك القدرة على تمييز السكر بالقوى الضعيفة مثل Van der Waals . هذا العقد يحدث عدم استقطاب للغشاء ويزال السكر بتغير في تركيز المادة الفعالة . والحقيقة أن الفترة بين وقت إحداث التنبيه وظهور أى نبض عصب يختلف من مستقبلات السكر إلى مستقبلات الملح . وهذا يؤدي إلى إفتراض أن ميكانيكية التأثير بالسكر تختلف عنها بالنسبة للملح .

وجهد المسقبل الناتج (receptor potential) بالتنبيه قد يخدم كمولد للجهد يعطى زيادة في جهود Spike قريباً من Perikaryon . تم النبضات الناتجة في كلا الاتجاهين ، ولكن تمر لمسافة قصيرة على الفريعات ، عدد النبضات العصبية الناتجة يتناسب مع تركيز مادة المنبه ولكن المستقبل يتأقلم بسرعة ويصل رد الفعل المناسب للمنبه إلى الجهاز العصبي المركزي خلال الثانيتين الأول من وقت التنبيه . الدراسات الكهروفسيولوجية Electrophysiology أظهرت أن كل ليفة عصبية تعمل طرف (قمة) الشعرة الحسية تتفاعل مع مجموعة معينة من المركبات . وتستجيب حشرة *Phormia* للتنبيه بالسكر ، وغيرها تستجيب للأملاح وثلاثة للماء، بينما وظيفة الليفة الرابعة إذا وجدت، فهي غير معروفة .

لا تستجيب جميع الشعرات بنفس الطريقة ، فبعضها يعطى استجابة أقوى أو أشد من الآخرين للتنبيه بمادة معينة .

في يرقة دودة الحرير *Bombyx* تستجيب واحدة من تلك الخلايا الحسية في الشعرات الحسية في الفك السفلي maxillary Sensilla للمواد المرّة الطعم بينما الأخرى تستجيب للسكريات والماء والأملاح والأحماض .

الفصل الثامن والعشرون

تأثير الحرارة والرطوبة على الحشرات

TEMPERATURE AND HUMIDITY

يكون الماء جزءاً كبيراً من أنسجة الحشرات-وتعتمد حياة الحشرات على مقدرتها للمحافظة على التوازن المائي في الجسم . كما تعمل الإنزيمات داخل الحشرة بكثافة في مدى ضيق ومحدد من الحرارة، ولذا فإن الرطوبة البيئية ودرجة الحرارة لها أهمية عظمى في حياة كل الحشرات . والمعلومات المعروفة عن المستقبلات لهذه العوامل البيئية قليلة نسبياً ، ولكن حيث إن الحشرات من الحيوانات ذات الدم البارد، فإن درجة حرارتها تتوقف على درجة الحرارة البيئية الموجودة بها ويتأثر الجهاز العصبي مباشرة بالتغيرات التي تحدث في جسم الحشرات. وعموماً فإن درجة حرارة الجسم هي أهم في تأثيرها من حرارة الوسط في التحكم في سلوك الحشرة، لأنها تؤثر تأثيراً مباشراً على الجهاز العصبي ونشاط الإنزيمات وتمثل حرارة الجسم محصلة التوازن بين الحرارة المكتسبة من النشاط التمثيلي (الأيض) وكذا المتحصل من البيئة المحيطة والحرارة المفقودة بواسطة التبخر والاستهلاك نتيجة للنشاط الحركي . والتحكم الفسيولوجي في درجة حرارة الجسم بسيط ، ولكن التأقلم السلوكي يجعل درجة الحرارة بقدر الإمكان في المدى المناسب للنشاط الأيضي ، وكذلك الاستجابة للرطوبة .

وتنمو وتتطور الحشرات داخل مدى حراري محدد يميز النوع ويخرج هذا المدى تتعرض الحشرات للموت ولا يوجد مدى محدد من الرطوبة ومعظم الحشرات يمكنها التمسك والتطور على أي درجة رطوبة، حيث إنها يمكنها التحكم في كمية الماء في جسمها يمكن لقليل من الحشرات تحمل الجفاف التام لبعض الأنسجة أو كلها .

٢٨-١ أولاً : الحرارة Temperature

٢٨-١-١ استقبال الحرارة :

لا يوجد دليل كاف على أن الحشرات تملك مستقبلات حرارية خاصة. وقد أمكن التعرف على بعض خلايا البشرة الحسية على قرن الاستشعار في حشرة *Rhodnius* كمستقبلات حرارية ، ولكن لم تتوافر معلومات كهروفسيولوجية على هذا الموضوع .

وفي النطاطات تكون اخساسية الحرارة موزعة بدرجة أوسع على الجسم بالرغم من أن قرون الاستشعار والرسغ هما أكبر الأجزاء حساسية للحرارة .

وفي دوراته الكروموسولوجية وجد أن مقدار الخرج الكهربى من عصب رسغ الصرصور يختلف باختلاف درجة الحرارة وقد عزز هذا إلى الاقتراح بوجود مستقبلات في الرسغ ولكن لن يجرى التصرف على أى من هذه المستقبلات وبالمثل فإن المستقبلات الكيميائية الشفوية في حشرات *Phormia* تعتبر حساسة للحرارة، حيث إن الخروج العصبي منها يزيد بتغير الحرارة ومن المحتمل أن تستخدم أو تكون ضمن جهاز استقبال حرارى مما يعطيها صفة مزدوجة أو وظيفة مزدوجة .

وقد يشمل جهاز استقبال اخرارى أيضا أعصاب غير متخصصة حيث تنهى أطرافها في منطقة الجليد integument والتي تعتبر مستقبلات طرفية للحرارة .

وحيث إن الحشرات من ذوات الدم البارد فيتعرض الجهاز العصبي المركزى نفسه إلى التغيرات الحرارية ويختلف الخرج الكهربى التلقائى من العقد العصبية باختلاف الحرارة .

وفي الصرصور تنقسم وحدات الجهاز العصبي المركزة إلى 4 أقسام طبقا لاستجابتها للحرارة .

ففى القسم الأول يرتبط الخرج الكهربى (نبضة / ثانية) بالحرارة مباشرة ويتغير بتغير الحرارة (تناسب) كما بالشكل التالى .

والنوع الثانى أو القسم الثانى يتناسب الخرج مباشرة مع درجة الحرارة ولكن هناك منطقة انتقالية عند تغير الحرارة بانخفاض الحرارة يحدث ارتفاع في الخرج سابق لعملية الانخفاض الناشئ عن الحرارة وكذلك انتقلت الحرارة إلى جهة الارتفاع يحدث انخفاض انتقالى في الخرج يليه ارتفاع كما بالشكل التالى :

والنوع الثالث أو القسم الثالث يُسمى مستقبل البرودة (*Cold receptor*) وينشط بانخفاض الحرارة كما بالشكل .

والقسم الأخير لا يتأثر بالحرارة انخفاضاً أو ارتفاعاً كما بالشكل .

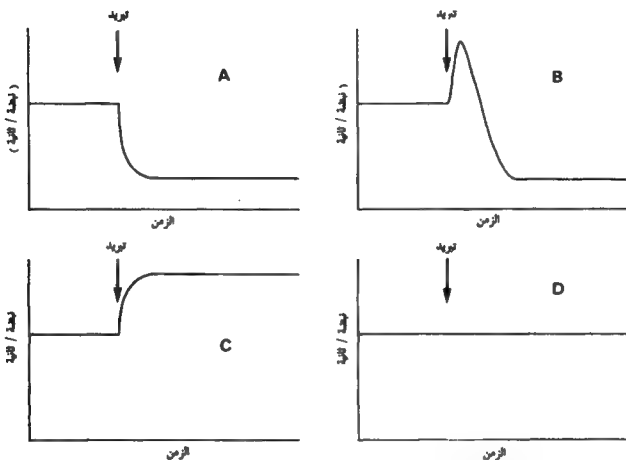
والأشكال الأربعة السابقة حين 4 أنواع من الخلايا العصبية من حيث استجابتها للحرارة في الحبل العصبي للصرصور وتبين الأشكال أن الحرارة تنقص فجائيا .

واستجابة الحشرة ككل بأى من تأثير الحرارة الخارجية التى تؤثر على الدخلى الحسى ثم تقوم درجة حرارة الجسم بتعديل الخرج من الجهاز العصبي المركزى .

والتغيرات الحرارية في درجة الحرارة للأجزاء الداخلية من الجسم تكون بطيئة عن التغيرات الطرفية ولذا فإن الجهاز العصبي المركزى يتأثر فقط بالتغيرات الحرارية الخارجية المتواصلة أو المستمرة .

وهناك براهين قليلة على قدرة الحشرات على إستقبال والتوجه للحرارة المشعة وهذا حقيقى حتى على أنواع الحشرات الماصة للدم والتي تكون فيها الحرارة هامة للتعرف على العائل ولكن في حشرة *Melomaphito* (من رتبة

غمدية الأجنحة) فإنه توجد ندب حسية على جانب الصدر الوسطى تغير حساسة الأشعة تحت الحمراء والحشرات يمكنها التعرف على التفجرات البسيطة في درجة الحرارة للهواء ، ففي *Cimex* (رتبة *Reteraptena*) على سبيل المثال فإنها تكون حساسة للتفجرات في درجة الحرارة في مندى أقل من أمه وكذلك النحل يمكنه التوجه إلى أحد جسمين حسب الحاجة الفرق بينهما درجتان .

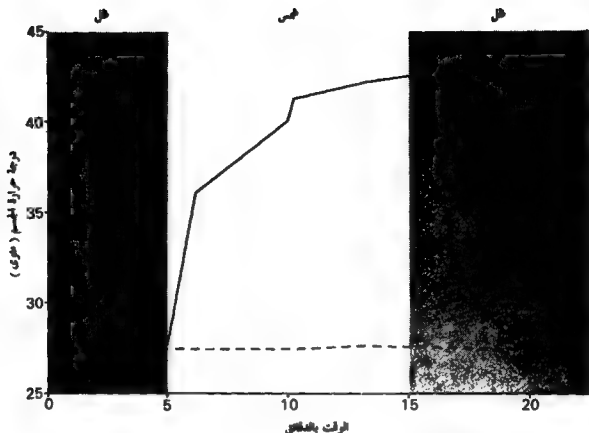


شكل (٢٨ - ١) رسم توضيحي بين أربعة أنواع من خلايا الحسية من حيث استجابتها للحرارة في الحبل العصبي للصرصور، وبتن الأشكال أن الحرارة تغير فجائياً .

٢٨-١-٢ درجة حرارة الجسم

للسلوك الحشري في البحث عن العائل علاقة مباشرة بدرجة الحرارة كما أن لدرجة الحرارة أهمية قصوى في تأثيرها على عمليات الأيض، وكذا لها تأثير مباشر على الجهاز العصبي .

ويبين الشكل التالي درجة الحرارة للجسم في أشعة الشمس المباشرة وفي الظل في حشرة الجراد .

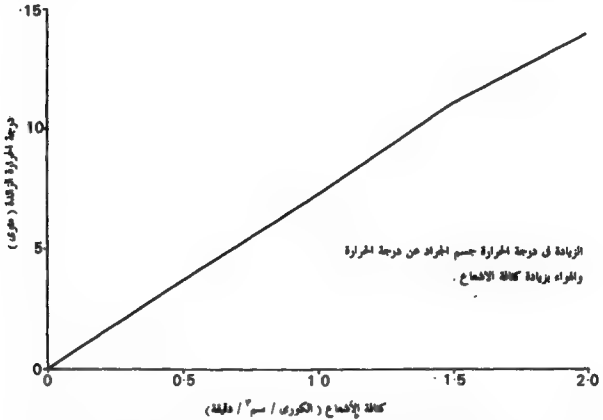


وعموماً فإن درجة الحرارة في جسم الحشرة ترتبط أو تقترب من حرارة الوسط ولكن العلاقة الوثيقة تختلف، وتعتبر محصلة للتوازن بين الحرارة المفقودة والمكتسبة بواسطة الحشرة، تطبيقاً لنتيجة الاختلاف في هذا التوازن فإن درجة الحرارة يمكن أن تختلف عن درجة حرارة الهواء.

الحرارة المكتسبة Heat gain : تزيد الحرارة الناتجة من النشاط الأيضي، وخاصة الناتجة عن النشاط العضلي، ولذا فإن حرارة الحشرات تميل إلى أن تكون أكثر ارتفاعاً إلى حدٍ عن بيئتها، وخاصة في الرطوبة العالية، حيث يكون التبريد الناشئ عن عملية البخر أقل. وعملية الطيران تزيد من عملية الأيض حوالي ٥٠ مرة لما أهميتها من حيث تأثيرها على درجة حرارة منطقة الصدر في الفراشات، والتي يزيد فيه درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجات مئوية عن الوسط.

وفي الحشرات التي تكون فيه منطقة الصدر منفصلة عن منطقة البطن والرأس، فإن منطقة الصدر تكون أكثر ارتفاعاً من حيث درجة الحرارة عن بقية المناطق. وفي الـ *Bumble* فإن منطقة الصدر تكون أكبر بحوالي ١٠°م عن منطقة البطن ويصل من ٥ - ١٥٪ فقط من هذه الحرارة بالتوصيل إلى الرأس والبطن.

وهذه العزل لمنطقة الصدر هام في الحفاظ على درجة الحرارة الخاصة بعضلات الطيران والتي تعمل بكفاءة داخل مدى محدود من الحرارة .



شكل (٢٨ - ٣) : الزيادة في درجة الحرارة في جسم الجراد عن درجة حرارة الهواء بزيادة كثافة الإشعاع القيمة العليا لكثافة الإشعاع الناتج من الشمس يكون حوالي كالوري / سم² / في الدقيقة

فالعامل الثاني المؤدى إلى رفع درجة حرارة الجسم فوق درجة الوسط أو البيئة هو الإشعاع الشمسي ، لذا فإن برقات الجراد (الحوريات) في الظل تكون أبرد بكثير عنها في حالة التعرض للشمس . والزيادة في درجة الحرارة عن بيئة الوسط تتناسب طرديا مع شدة الإشعاع .

وبالنسبة إلى جسم معين من الحشرات فإن الزيادة في الحرارة في منطقة الصدر لرتبة غشائية الأجنحة والذي تكون فيها عملية التوصيل بين الرأس والبطن من ناحية وبين الصدر من ناحية أخرى ضعيفة نتيجة لضيق مسافة الاتصال بين الرأس وبين ناحية الصدر والبطن من ناحية أخرى يكون فرق الحرارة أكبر من الفرق الموجود في رتبة مستقيمة الأجنحة .

والزيادة في الحرارة تقل في حالة سرعة الرياح العالية نتيجة لزيادة معدل البحر .

يؤثر اللون في كمية الاشعاع المحبسة لذا فإن في أشعة الشمس الساطعة فإن يرقات الجراد الصحراوي ذات اللون الأسود والبرقالي تكون أكثر ارتفاعاً بمقدار ٦ درجات مئوية عن يرقات الانفرادية ذات اللون الأخضر . وإذا كانت الحشرات أكثر برودة عن يتقبلها فإنها تحصل على كمية حرارة عن طريق الموجات الإشعاعية الطويلة المحيطة بالحشرات .

فقد الحرارة في الحشرات : عملية البخر من جسم حشرات لها تأثير تريدي على الحشرات كنظراً لفقد الحرارة الكامنة للتبخير التي تزال من جسم الحشرة .

وفي الحشرات غير المتحركة تعتبر أهم لفقد الحرارة هو عملية التبخر فعلى سبيل المثال في المدى من ١٠ - ٣٠ °فإن ٨٠ - ١٠٠% من الفقد الحراري في حشرة *Anomala* (غمدية الأجنحة) يتم من خلال عملية التبخر لذا فإن العوامل المؤدية إلى التبخر تؤدي إلى فقد الحرارة .

ومعدل التبخر من الجسم يتحدد بنسبة الرطوبة للبيئة الموجود بها الكائن .

ولذلك فإن الرطوبة العالية تؤدي إلى قلة التبخر وبالنسبة يكون الفقد الحراري بسيطاً . والعكس صحيح في الجلو الجفاف فيه تقل الحرارة من ٣ - ٤ °م عن درجة حرارة الوسط .

ويمكن أن يحدث نقص في عملية التبخر عن طريق التجمع الموضعي لبخار الماء حول الجسم . وهذا التأثير يزداد عن طريق الشعرات والحراشيف التي تميل إلى الاحتفاظ بطبقة الهواء الساكن الملاصقة للجسم ، وبالمثل فإن الحشرات تستخدم الفتحات التنفسية في تغيير درجة الحرارة ، فمثلاً حشرة *Glossina* من رتبة ثنائية الأجنحة عندما تكون فتحاتها التنفسية مفتوحة يزداد البخر وتقلل الحرارة بمقدار ٠,٦ °م عما لو كانت مغلقة ، كذلك تعمل حركة الهواء على تقليل حرارة الجسم عن طريق زيادة سرعة البخر وعدم تجمعها موضعياً حول جسم الحشرة ولذا فإن سرعة الرياح العالية تعمل على الإقلال من حرارة الجسم .

وعملية البخر تقل في درجة الهواء الباردة ، ولذا فإن في غياب الاشعاع تزيد درجة حرارة الجسم زيادة بسيطة عن درجة حرارة الهواء بسبب الحرارة الناتجة من عملية التمثيل الغذائي .

وعند درجة الحرارة الأعلى يزيد التبخر وتقل درجة حرارة الجسم عن الوسط وعلى سبيل المثال فإن في حشرات *Gastrimgrus* (من رتبة مستقيمة الأجنحة) عند درجة رطوبة فيه ثابتة ٦٠% فإن زيادة الحرارة عن ١٠ °م تكون ٠,٦ °م وعند ٢٠ °م هي ٠,٤ °م وعند درجة ٣٠ °م فإن الزيادة في حرارة الوسط تصل إلى ٠,٢ °م ؛ أي عند درجة رطوبة ثابتة فإن زيادة الحرارة تقلل الفرق بين حرارة الوسط وحرارة الجسم .

ويمكن إهمال حساب الحرارة المفقودة عن طريق تيارات الحمل من خلال القصبات الهوائية ولكن الجزء المأخوذ في الاعتبار هو المفقود من على سطح الجسم والذي يعتبر الجزء الرئيسي المفقود بتيارات الحمل كما في يرقات فرع الجراد الصحراوي *Schistocerca* والحشرات البالغة من الجراد *Locusta* في حالة الطيران . وفي الحالة الثانية يكون حوالي ٦٠ - ٨٠% من فقد الحرارة بواسطة تيارات الحمل ، حوالي ١٠% عن طريق التبخر ، ١٠ - ١٥% بواسطة الإشعاع طويل الموجة وتزيد تيارات الحمل بزيادة سرعة الرياح .

ويعتبر الفقد عن طريق التوصيل جزءاً غير هام، وكذا اكتساب الحرارة باستثناء نقل الحرارة بين الجسم وطبقة الهواء الملاصقة مباشرة للجسم .

ويعتبر سطح الجسم الحشرى من العوازل الحرارية إذ يقلل من فقد الحرارة .

كما تقوم الشعرات والحراشيف لكل من الـ *Noctua* ، *Bumbrus* من حرشفة الأجنحة بحجز طبقة من الهواء بينها تعتبر عازلاً حرارياً ملاصقاً لجسم الحشرة .

ومماثل نفس الوظيفة الأكياس الهوائية الموجودة على سطح المنطقة الصدرية في شبكية الأجنحة (*drogen/fles*) . وتعتمد كفاءة العزل الحرارى على كثافة الشعيرات ولكن عموماً فإن الزيادة الحرارية في الحشرات الطائرة والتي تصل إلى ٥٠ - ١٠٠٪ وذلك بواسطة العزل الحرارى الجيد وتبلغ ٩٠ درجات مئوية في فراشات الصقر . Rowk

ويبين الشكل التالى تأثير سرعة الرياح على درجة الحرارة في حشرة الدروسوفيلا والمرضة لإشعاع ثابت بكثافة ١,٥ كالورى / سم² / دقيقة .

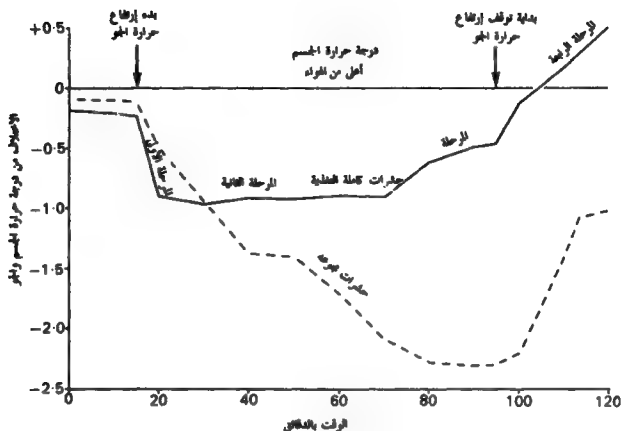
٢٨-١-٣ مدى تحكم الحشرات في درجات الحرارة

وهناك بعض الحشرات يمكنها التحكم أو إظهار هذا التحكم في درجات الحرارة داخل جسمها .

فعل سبيل المثال فإن درجة حرارة الجراد تزيد بزيادة درجة حرارة الهواء ولكن بعد فترة تصبح الحشرة أبرد من الوسط الموجودة فيه (المرحلة الأولى) : على ذلك أن في حالة الحشرات المفضاة تماماً تكون درجة حرارة الجسم في حالة زيادة بنفس سرعة ارتفاع درجة حرارة الهواء لذا فإن الفرق بينهما ليكاد يكون ثابتاً (المرحلة الثانية بالرسم) . وبعد فترة تبدأ درجة حرارة الجسم في حالة زيادة، ولذا فإن الفرق بين الدرجة الخاصة بالحشرة والوسط تقل (المرحلة الثالثة) . وأخيراً عندما يقف ارتفاع حرارة الهواء تظل درجة حرارة الجسم في الارتفاع حتى تزيد عن الوسط المحيط بها (المرحلة الرابعة) . وفي حشرات الجراد المجموعه لا تزيد درجة حرارة الجسم بسرعة ارتفاع درجة حرارة الهواء وتزداد الفرق بين الاثنين وحتى عند توقف درجة حرارة الهواء فإن درجة حرارة الجسم لا تتجاوز درجة حرارة الهواء .

ولذا أقترح الآتى : أن الحرارة تعمل على حث مستقبلات عصبية على إفراز مادة في الدم وهذه المادة تعمل على زيادة بعض عمليات التمثيل الغذائى، لذا فإن الحرارة تزيد بسرعة أكبر من زيادة الهواء عما لو كان عامل التوصيل بين الهواء والجسم هو العامل الوحيد لنقل الحرارة . وهذه الميكانيكية في نقل الحرارة تجعل الحشرة في حالة اتزان سريع مع بيئتها ويمكن الحشرة من استخدام زيادة الحرارة لصالحها، حيث تكون تلك الزيادة مؤقتة وقابلة للتغير .

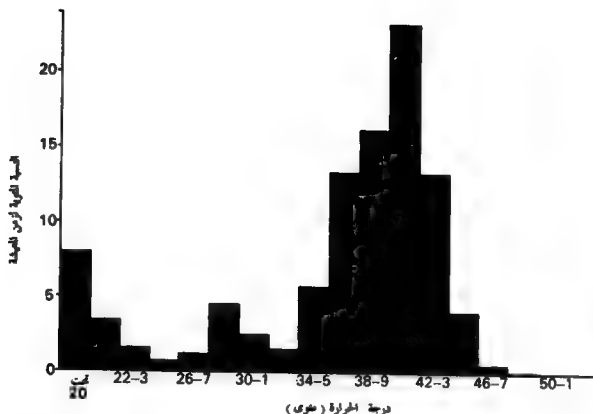
وفي الجراد المجموعه فإن عمليات التمثيل تضطرب وتصبح الحشرة (غير قادرة) على الحفاظ على درجة حرارتها ويبين الشكل التالى الاختلاف بين درجة حرارة جسم حشرة *Locust* ودرجة حرارة الهواء عند زيادة درجة حرارة الهواء من ٢٠ - ٣٥ م° .



شكل (٧٨-٤) الاختلاف بين درجة حرارة جسم الجراد ودرجة حرارة الجو عندما يرفع درجة حرارة الجو تدريجياً من ٢٠ إلى ٣٥ م (كلارك ١٩٦٠)

ويوجد تنظيم فسيولوجي حراري في حشرات *Kerivora* (رتبة مستقيمة الأجنحة) ويتج هذا التحكم بتغير الحشرات لونها وفي الظروف الحرارية المنخفضة تكون الحشرات أكثر قتامة لئلا غلظتها تتعرض إشعاعاً أو طاقة أكثر .

ويشمل التنظيم الحراري تغير السلوك الحشري فتجنب الحشرة مثلاً درجات الحرارة الشاذة الغير مناسبة فمثلاً تصبح حوريات الجراد *Schistocerca* أكثر نشاطاً في درجة ٤٤ م وهي الدرجة القريبة من الجزء الحراري أو الطرف الحراري الميتم العلوي . وقد تتحرك الحشرة إلى وسط بارده فيحدث لها نشاط مفاجيء قصير ويؤدي إلى ابتعادها عن هذا الوسط فلا تموت من الحرارة الزائدة أو تستقر في درجة حرارة منخفضة لتساعد عملية التمثيل أن تتم بكفاءة تكثر بالتالي تميل الحشرات إلى المعيشة في الوسط الملائم لها أكبر مدة ممكنة ويمتد هذا المدى من ٣٥ - ٤٥ م في الجراد وتصل إلى أقصاها في ٤٠ - ٤٦ م أي أنها تميل للمعيشة في الجراد الحراري العلوي من المدى المفضل . وسلوك الحشرة مثل هذا السلوك يعطى درجة مثل من سرعة عملية التمثيل ويبين الشكل التالي المدى المفضل للحرارة عن طريق قياس الوقت الذي تميل فيه الحشرات إلى المعيشة .



شكل (٢٨ - ٥) درجة الحرارة المثلى للجراد بكمية الوقت المبدول ضد درجات حرارة الظلة (Chapman, 1965)

ويختلف السلوك في الحقل حتى تحفظ درجة حرارة الجسم في المدى الملائم ففي درجة الحرارة المنخفضة تواجه الشمس بجوانبها حتى يتعرض أكبر جزء للشمس وفي حرارة ٣٩ - ٤٣°م تدور الحشرة لتواجه الشمس مباشرة حتى يتعرض أقل جزء منها للشمس، ويسمى ذلك الوضع *flonkig and facing* ويكون للسطح المعرض في الحالتين من حيث المساحة = ٦ : ١ لذا تنخفض الحرارة في حالة *facy*. وعندما تكون الحرارة أعلى، فإن الحشرات تفرد أرجلها لكي يرتفع جسمها عن الأرض إلى الوضع المناسب، وهذا يسمح بدوران حر للهواء حول الجسم، وتجنب حرارة الأرض بمقتلا وجد أن درجة حرارة الأرض ٥٦°م كانت درجة حرارة الهواء على بعد ٢ م ٤٠°م ودرجة حرارة الجراد في وضع فرد الأرجل ٤٣°م وعند زيادة الحرارة على الأرض تتساقط الجرادات الهبات الحضرية حيث الظل والبرودة الناتجة عن الحمل والبحر بواسطة الهواء. وفي الليل عند انخفاض الحرارة فإن الجراد يرهس على الأرض ليحصل على الحرارة بواسطة التوصيل. وهذه الأنشطة المختلفة تحفظ درجة حرارة الجسم بين ٣٥ - ٤١°م لا طول فترة ممكنة.

وهناك سلوك مماثل في حشرات *Argemnis* (رتبة حرشقية الأجنحة) فهي تفرد أجنحتها وتتوجه إلى الشمس لكي تحصل على زيادة في درجة الحرارة تقل إلى ١٧°م ويقل أو يزيد فرد الأجنحة لكي تحافظ على درجة حرارة

الجسم بين ٣٢ - ٣٧°م فإذا زادت درجة الحرارة بدرجة كبير فإذن الحشرة تطوى أجنحتها على ظهرها وتعود إلى الظل .

وكثير من الحشرات مثل الجراد والفراشات لها القدرة على درجة حرارتها بواسطة اهتزاز الأجنحة بدون طيران . وهذا السلوك يلاحظ في حالة وضع الحشرة في درجة حرارة تحت المثل للطيران وزيادة الحرارة في مثل هذه الحالة يؤهل الحشرة لمرحلة الطيران الطران الفعلي . ويمكن لعملية التهيئة السابقة أن تزيد درجة الحرارة إلى حوالي ٢٦°م في درجة حرارة هو مقدارها ١٨°م . وتقوم حشرات *Geutrops* (غمدية الأجنحة) بالقيام بمثل هذا الارتفاع درجة الحرارة عن طريق إنقباض عضلات الأجنحة بدون تحريك الأجنحة .

وأسلوب التحكم الحرارى أو التنظيم الحرارى يكون متطوراً كما في الحشرات الاجتماعية فعل سبيل المثال فإن النمل يقوم بنقل يرقاته إلى العش إلى المكان المناسب حرارياً ففي الأيام الدافئة في الصيف تنقل اليرقات الأكبر قدماً إلى الأكبر عمراً إلى قرب سطح العش بينما في الشتاء تنقل على بعد قدم أو أكثر تحت السطح لتفادى عملية التجمد وفي الأيام الحادة التي تقوم حشرات النمل *Formica* (رتبة غشائية الأجنحة) بسد مدخل العش ببعض مواد العش لإيقاف دخول الهواء الساخن .

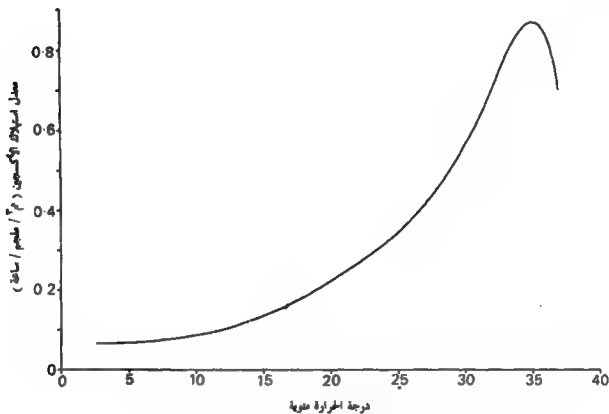
وقد درس التحكم في درجة الحرارة جيداً في نحل العسل *Apis* ففي درجات الحرارة العالية تقوم الشغالة بالوقوف في مدخل الخلية وتميز أجنحتها في حركة مروحية لخلق تيار هوائى في العش وهذا كاف لحفظ درجة حرارة الخلية تحت ٣٦°م وكذلك عندما يكون جو الخلية ٤٠°م ويمكن أن تخضر الشغالة بعض المياه للمساعدة في التبريد بواسطة تبخر هذه المياه وعند درجات حرارة أعلى فإن النحل يفادر الأمشاط ويتجمع خارج الخلية لتجنب الحرارة الناتجة من أجسامها نتيجة لعملية التمثيل وعلى العكس في الشتاء عند عدم وجود الخلية فإن الحشرات تتجمع بين عدد أقل من الأمشاط وهذا السلوك يبدو واضحاً عند دخول الحرارة إلى ١٥°م وتكون درجة الحرارة داخل هذا التجمع ٢٠ - ٢٥°م نتيجة للحرارة الناتجة عن التمثيل وهكذا بعملية التجمع والإنتشار يمكن للنحل تنظيم درجة حرارته .

٢٨-٩-٤ التمثيل الغذائي

يمكن القول بأن زيادة الحرارة تزيد في سرعة عملية التمثيل ويتضح ذلك في زيادة استهلاك الأكسجين كما في الشكل (٢٨-٦) ولكن عند درجات الحرارة التي تقترب في الحد الأعلى للميت فإن سرعة التمثيل تقل ولا تظهر كل الحشرات نفس هذا السلوك البياني للعلاقة بين درجة الحرارة وسرعة التمثيل ففي النحل يصل استهلاك الأكسجين إلى اقصاه عند درجة ١٠°م ويقل على كلا جانبيه هذه الدرجة كما يتضح في الشكل التالي :

وبالمثل في حالة الكمون كما في بيض حشرة *Austrocytes* وهي من رتبة مستقيمة الأجنحة فلا يكون هناك تطور على درجة ٢٥°م ويحدث الخروج من البيض بنجاح على درجة ١٠°م . وزيادة معدل التمثيل الغذائي بارتفاع درجة الحرارة يتمكس على زيادة سرعة التطور ولذلك فإن التطور في يرقات الجراد يأخذ ٤٠ يوماً على درجة ٢٧°م ويأخذ ٢٠ يوماً على درج ٤٣°م ، وكذلك في فترة التصفير في الـ *Tenebrio* تأخذ ٣٢٠ على درجة ٢١°م وتأخذ ١٤٠ ساعة على درجة ٣٣°م ويختلف المدى الذى يحدث فيه التطور بين ٥ درجات و ٢٨ درجة في حشرات الـ

Apinus وهي من رتبة غمدية الأجنحة ، ١٥ - إلى ٤٠ درجة في حشرات الـ *Tribolium* (رتبة غمدية الأجنحة) بينما في حشرات الـ *Astogobius* وهي في الجناس ساكنة الكهوف يكون المدى الحرارى في ١ - ١,٧ درجة مئوية .

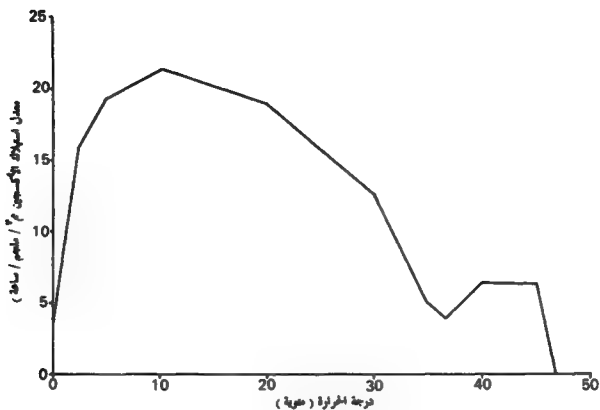


شكل (٢٨ - ٦) استهلاك الأكسجين في الصرصور الأمريكي عند درجات حرارة مختلفة .

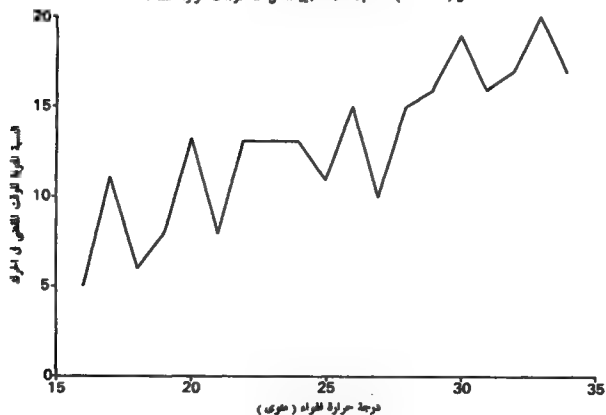
وهناك اتجاه عام في معظم الحشرات في أنها تكون أكثر نشاطاً في درجات الحرارة العالية كما في يرقات *Nomadacris* والتي تقضى ٥٠٪ من وقتها في حالة نشاط على درجة ١٦°م و ١٥٪ من وقتها في حالة نشاط على درجة ٣٤°م. والشكل التالي يوضح الزيادة في نشاط يرقات *Nomadacris* مع زيادة الحرارة (شكل ٢٨ - ٨) ويوضح شكل ٢٨ - ٩ سرعة وضع البيض في حشرات *Tuxoptera* على درجات حرارة مختلفة .

ونتم معظم العمليات في درجات حرارة مثل أي تم بأعلى كفاءة أو بأكثر سرعة ويتقل العمليات في درجات حرارة أعلى أو أقل من هذه الدرجة .

ولكن يمكن وضع أساس للدرجة المثلى على أسس مختلفة فعلى سبيل المثال فإنه يمكن اعتبار الدرجة المثلى هي الدرجة التي تتم فيها عملية أكمل استهلاك من الطاقة كإكمال عملية التطور مثلاً أو مرحلة تطورها معينة .



شكل (٧٨ - ٧) استهلاك الأوكسجين للمحل عند درجات حرارة مختلفة .



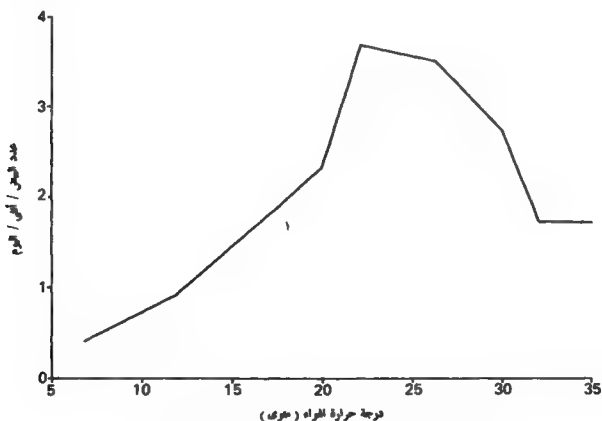
شكل (٧٨ - ٨) توضيح للتغيرات في نشاط يرقة *Notonecta* الألفارانية عند درجات الحرارة العليا

فى حشرة *Glossina* من رتبة ثنائية الأجنحة تستهلك العنبراء كمية أقل من الدهون عند درجة ٢٢ - ٢٤°م بينما على درجات الحرارة الأعلى يزيد استهلاك الدهون دون نقص مدة مرحلة العنبراء بينما فى درجات الحرارة الأقل يزيد مرحلة العنبراء من حيث المدفقولا تقضى كمية الدهون المستهلكة وبدلاً من ذلك يمكن القول أن درجة الحرارة المثلى هى الدرجة التى يكون فيها النمو والتطور أسرع ما يمكن ، أو هى الدرجة التى ينتج فيها أكبر كمية من الحشرات وتكمل تطورها فى وقت معين .

أما بالنسبة للحشرات البالغة فإن الدرجة التى ينتج فيها أكبر كمية من البيض أو يطول فيها عمر الطور البالغ لها درجاتها المثلى المستقلة .

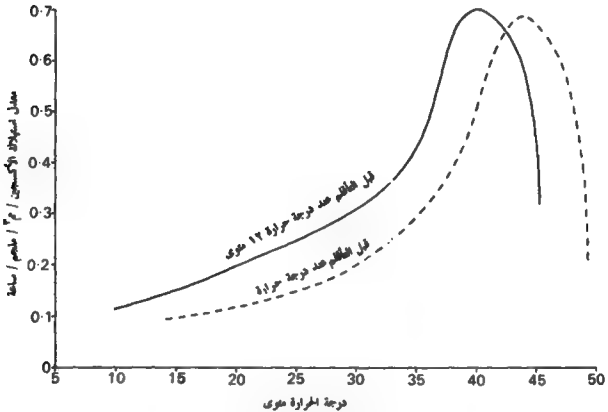
وزيادة فترة الطول البالغ غالباً تعتمد على درجات الحرارة غير المرتفعة والتى تكون فيها عملية التغذية، ونم بصورة اعتيادية ومن المحتمل أن يكون ذلك بسبب قلة الطاقة المستخدمة أو المستهلكة، ويكون إنتاج البيض فى درجته المثلى عن منتصف المدى الحرارى العادى، كما فى الـ *Tabanus*، والتى تكون درجاتها المثلى فى وضع البيض عند ٢٥°م والمدى الحرارى يكون بين ٥ - ٣٥°م .

وربما يوضع هذا توازن بين استخدام المخزون فى عمليات التمثيل فى الحشرات البالغة وبين استخدامه فى إنتاج البيض (الملح) .



شكل (٢٨ - ٩) معدل وضع البيض لحشرة *Tabanus* عند درجات حرارة مختلفة .

الاستجابة الحرارية في الحشرات ليست عملية ثابتة أو إستاتيكية ولكنها تختلف طبقاً للتجارب المعروضة لها الحشرات قبل إجراء الاستجابة الحرارية ويسمى هذا التعديل في السلوك الحرارى بالأقلمة، فعلى سبيل المثال استهلاك الأكسجين في *Melosoma* (رتبة غمدية الأجنحة) وذلك في طور البلوغ يزيد مع زيادة درجة الحرارة ولكن مستوى هذا الاستهلاك يعتمد على درجة الحرارة التي حفظت عليها الحشرات قبل إجراء تجربة معدل استهلاك الأكسجين، فيزيد هذا الاستهلاك في الحشرات التي تأقلمت على درجات حرارة أقل قبل إجراء التجربة الخاصة باستهلاك الأكسجين وتأثير الحرارة على هذا الاستهلاك، وكذا يلاحظ انخفاض درجة الحرارة المثلى لاستهلاك أقصى كمية أكسجين بالأقلمة على درجات الحرارة الأقل شكل ٢٨-١٠.



شكل (٢٨ - ١٠) تأثير على الأكسجين للسلحفاة *Melosoma* قبل التأقلم عند درجات حرارة مختلفة.

٢٨-٩-٦ الحدود القصوى لدرجة الحرارة المحيطة

في النهاية القصوى للمدى الحرارى، وذلك أعلى من الدرجة المثلى تظهر الحشرات نشاطاً زائداً بدرجة حادة وتبع ذلك عدم المقدرة على الحركة. وتلك المرحلة تسمى مرحلة الغيبوبة الحرارية، يتبعها موت الحشرة. وتعتمد درجة حرارة موت الكائن على النوع، وفترة التعرض، ومدى تدخل العوامل الأخرى، وبالذات الرطوبة.

والحشرات ذات الحجم الكبير تتحمل درجات حرارة عالية ، لأنها تزد بواسطة عملية البخر من جسمها ، وذلك لفترة حوالى الساعة وخاصة إذا كان الهواء جافاً فالصرصر مثلاً تموت على درجة ٣٨°م عند درجة رطوبة عالية، ولكنها تتحمل درجة ٤٨°م إذا كان الهواء جافاً .

وعندما تكون فترة التعرض للحرارة العالية طويلة فإن الرطوبة يكون لها تأثير عكسى لأن درجة الرطوبة المنخفضة فى تلك الحالة تجعل الحشرات تموت نتيجة لعملية الجفاف، لذا فإن حشرة *Blatta* تستطيع أن تعيش ٢٤ ساعة على ٣٧ - ٣٩°م إذا كان الهواء رطباً، ولكنها تموت فى نفس الظروف إذا كان الهواء جافاً .

وفى الحشرات الصغيرة مثل *Ecto* فإن الرطوبة ليس لها تأثير على درجة الحرارة المميتة حيث يكون حجم الماء المتاح لعملية البخر قليلاً، بينما يكون السطح الذى يتأثر بالحرارة كبيراً نسبياً . وعموماً فإن معظم الحشرات يكون التعرض الحرارى قصير المدى المميت يكون فى المدى من ٤٠ - ٥٠°م .

ولكن الحشرات الموجودة فى أماكن معينة، فإن درجة الحرارة المميتة تختلف اختلافاً نسبياً ، لذا فحشرات *Graptolito* ، التى تعيش على مناطق مرتفعة جداً فى قمم جبال روكى تموت على درجة ٢٠°م أما حشرات *Thermata* فإنها تتحمل حتى ٥١°م وفى يرقات *chirans* فإنها تعيش فى ربيع حتى تصل درجة الحرارة فيه ٤٩ - ٥١°م وتكون درجة الحرارة المميتة فى هذه الحالة أعلى بكثير من هذه الدرجة .

وتختلف الدرجة القصوى أو الحدود ذو القصوى لدرجة الحرارة المميتة تبعاً لخرات الحشرة فى مرحلة تسابق . فمثلاً حشرة دروسوفيل المرباه على ١٥°م . والتي تظل على نفس الدرجة فى مرحلة البلوغ، فإنها تتحمل درجة حرارة الهواء الجاف حتى ٣٣,٥°م لمدة ٥٠ دقيقة ، ولكن إذا ربيت على ٢٥°م فإنها تتحمل درجة ٣٣,٥ السابقة لمدة ٣٠ دقيقة . وإذا ما ربيت اليرقات على درجات أعلى من ذلك، فإن فترة بقائها تزيد إلى ١٤٠ دقيقة . ويمكن تقسيم الأكلة إلى نوعين أو عطين .

أقله راجعة إلى ظروف مرحلة (مرحلة المدى الطويلة) .

ومرحلة المدى القصير والتي تعتمد على الظروف الوقفية وتكون عكسية بالأكله الفسيولوجية ومرحلة الأكله الفسيولوجية تكون واضحة فى الظروف الجافة عنها فى الظروف الرطبة مما يدل على أن هذه الأكله تعطى مقارنة لظروف ولكن ليس لدرجة الحرارة .

ويتم الموت الناتج عن درجة الحرارة العالية من عوامل مختلفة منها فقد البروتين لطبيعية أو خلل فى الميزان التمثيل يؤدي لتراكم المواد السامة . ففى الذبابة الزرقاء فإن اليرقات المرباه على درجة حرارة عالية يتجمع الميموليف الخاص بها الفوسفات العضوى وغير العضوى وزيادة الأدهيل يرفوسفات . وفى بعض الحالات يستنفذ المخزون الغذائى فعل سبيل المثال فى حشرات *pediculus* فإنها تعيش بصورة أفضل على درجات الحرارة العالية إذا ما غذيت حديثاً وقبل التعرض مباشرة - وعلى الفترات الطويلة من التعرض الحرارى يكون الموت غالباً من الجفاف .

٢٨-٢ الرطوبة Humidity

١-٢-٢٨ مستقبلات الرطوبة

عرفت مستقبلات الرطوبة عن إجراء تجارب الاستئصال وهي توجد بصور مختلفة . ففي حشرات الـ *Tenebrio* تكون عبارة عن أكياس على شكل خابور ذى جدران رقيقة وهناك تركيبات مشابهة ولكنها متفرعة كما في خنافس *Tribolium* كما بالشكل (448B) ويحتمل أن يكون التركيب من نوع الأوتاد والحويمة *Caelaconicops* هو المستقبل للرطوبة في حشرات الـ *Melanocephalus* بينما في حشرات النمل *Pedicular* فإن التركيب المستقبل للرطوبة عبارة عن خصله من أربع شعيرات متصلة بعدة خلايا عصبية (أنظر شكل ٢٨-١ أ ، ب) .



شكل (٢٨ - ١١) أ - عود Tuft للوجود على قرن استعمار *Pedicular* ب - مستقبلات الرطوبة للفرقة الموجودة على قرن استعمار *Tribolium*

وفي معظم الحالات فإن مستقبلات الرطوبة أمن التعرف عليها في قرون الاستشعار ولكن قد توجد أيضاً على الملامسة الغمية كما توجد في حشرة الفروسوفلا (البققات) على الجوانب السفلى من حلقات الجسم الخلفية . كما تشكل الشعيرات الحارسة للقصبات الهوائية في حشرات *Glossina* عضواً حساساً للرطوبة ونظراً لموضعها فإنها لا تتأثر فقط بالوسط البيئي الموجودة به الحشرة بل تتأثر بالهواء الخارج من تلك القصبات - والنفضات الصادرة من تلك الشعيرات تنتج تبيهاً مركزى لعملية *Locomotion* أو التحرك .

وعملية فعل الرطوبة وكيفية تأثيرها غير مفهومين ولكن هناك احتمالات كثيرة لذلك . وهناك احتمال أن تعمل المستقبلات عند ارتطام جزيئات الماء بها كظلالها من المستقبلات الكيميائية وكما أن هناك وجهة نظر أخرى وهي أن المستقبلات توجد بها مواد هيجروسكوبية والتي تمتص الماء بنسب وجودها في الجو المحيط بها .

وأخيراً ففقد الماء من الشعيرات الحسية ينتج اختلافاً في درجة الحرارة راجعاً إلى عملية البحر . وقد يكون التفرع في البنية الداخلية للخلية المستقبلة يعمل على تغير المكونات الكيميائية والضغط الأسموزي للسيتوبلازم مما ينتج عنه نبضة عصبية .

وقد أفرح عموماً وجود نوعين من المستقبلات الخاصة بالرطوبة، أحدهما مسئول عن الرطوبة والآخر مسئول عن الجفاف. والبراهين على ذلك ليست قاطعة .

٢٨-٢-٢ الاستجابات الحثلية للرطوبة

تؤثر الرطوبة على عملية الأيض، وبالتالي عملية التطور في الحشرات .

وعلى سبيل المثال فإن بيض حشرات *Primus* ينمو في ١٥ يوماً في درجة حرارة ٢٠°م ورطوبة ٣٠٪، ولكن عند ٩٠٪ رطوبة فإن فترة النمو الكامل تأخذ ١٠ أيام فقط . كذلك سرعة وضع البيض تزيد زيادة ودرجة الرطوبة . وانخفاض سرعة الأيض لزم بانخفاض درجة الرطوبة تتحد بالاختلاف في هذه الدرجة، حيث زيادة فقد الماء تؤدي إلى محتوى مائي قليل عامة في كل الأنسجة وفي بعض الأحيان لا يكون للرطوبة هذا الأثر على الأيض . ففي حشرات البق *Cniet* والأخرى التي تعيش بيئة جافة فإن البيض لا يتأثر بارتفاع الرطوبة أو انخفاضها، بينما في حوريات الجراد *Locusta* تنمو بسرعة على رطوبة نسبية ٧٠٪ وتقل عند إنخفاضها عن هذه الدرجة من الرطوبة زيادة أو نقصاً .

وتؤثر الرطوبة أيضاً على سلوك الحشرات فمعظم الحشرات لها مدى مفضل من الرطوبة تكون عنده نسبياً غير نشطة . بينما تكون في خارج هذا النطاق أكثر نشاطاً حوريات الجراد *Schistocerca* يكون المدى المفضل ٦٠ - ٧٠٪ رطوبة نسبية . أما في الحشرات البالغة من *Tenetrio* فإنها تختار دائماً الرطوبة الأقل من بين أي درجتين مختلفتين فهي تفضل ٥٪ رطوبة مثلاً عن ١٠٪ . وبالعكس في حشرات *Agriotes* (رتبة غمذية الأجنحة) فإن اليرقات تختار الدرجة الأعلى في مداها التفضيل للرطوبة . وهذه الاختلافات تعكس الاختلاف في درجة قابلية الكيوتيكول للبلل بالماء ففي حشرات *Tenetris* تكون غر منفذة (الكيوتيكول غريم فقد) نسبياً كيوتيكول يرقات حشرات *Agrotis* فإنها سهلة النفاذية للماء .

وشدة التفاعل لدرجات الرطوبة المختلفة تختلف في الأجزاء المختلفة من مدى الرطوبة ولكن معظم الحشرات لها أعلى درجة حساسية عند أعلى درجة رطوبة أو عند درجات الرطوبة العالية ، فعلى سبيل المثال فإن حشرات *Tenetris* تظهر تفضيل للدرجة الرطوبة الأقل بين درجتين من الرطوبة تتعرض لهما، ولكن تحت رطوبة ٧٠٪ رطوبة نسبية فإن شدة تفاعلها مع الرطوبة تكون بدرجة أقل، حتى ولو كان الفرق بين الدرجتين ٤٠٪، بينما فوق ٧٠٪ رطوبة نسبية يؤدي إلى أن أي درجة رطوبة زائدة تؤدي لتفاعل شديد بين الحشرة والرطوبة ولو وصل هذا الفرق حتى ٥٠٪ .

وفي الجزء العلوي من مدى الرطوبة الملام فإن يرقات *Agriotes* تستجيب لفرقات في الرطوبة تصل إلى ٥٠٪ .

وتفضل الحشرة لمدى معين يمكن أن يختلف باختلاف محتوياتها المائية مثلاً حشرات *Tribolium* لها تفضيل للدرجة الأقل من الرطوبة ولكن عند وجودها بدون غذاء أو ماء لمدة ٣ - ٤ أيام فإن ميلها للرطوبة العالية يزداد وسرعة التغير هذه تعتمد على سرعة فقد الماء .

وفي الـ *Tenetrio* عند إمرار الحشرات من المنطقة الجافة إلى الجانب الرطب من غرفة تجارب الاختيار، فإنها تقف وتحمل حركات بفروق الاستشعار ثم ترجع إلى المنطقة الجافة والعكس في الـ *Agriotes* .

ومثل هذه الاستجابات تجعل الحشرة في مداها المرغوب من الرطوبة وتكون مسؤولة أيضا عن مدى وجودها في الحيز الضيق *micro - umnon* التي تحتل الحشرة في الحقل .

والجزء العلوى من التربة تختلف فيه درجة الرطوبة وتكون الرطوبة عالية في بعض أجزائه ، مما يؤدي إلى تغير في *micro - innoent* فيتغير طبقا لذلك الكائنات الموجودة فيه بدرجة مؤقتة .

٢٨-٢-٣ الرطوبة ومدى بقاء الحشرات حية

يختلف الوقت الذى ينجى فيه الحشرات حية عند درجات الرطوبة المختلفة ويعتمد ذلك على مقدرة الحشرات على الاحتفاظ بالمكونات المائية لها .

فإذا ما انخفضت درجة الرطوبة بدرجة كبيرة تموت الحشرات وبالرغم من ذلك فهناك استثناءات لذلك .

وفي الأطوار التى لا تستطيع تعويض فقد الماء مثل البيض وطور العنراء فإن فترة حياتها تتناسب عكسيا مع سرعة فقد الماء أو بطريقة تقريبية مع العجز في عملية التشبع فعل سبيل المثال فإن العنراء لحشرة *Glassimo brevipolpis* تفقد الماء بسرعة ١٠,٢ مجم / سم / ساعة / مم زئبق وتكون نسبة الموت عالية عند درجة تشبع تقابل ٥ مم زئبق . وفي الجانب المقابل فإن عذارى حشرة *G. Swynmortani* تفقد الماء بدرجة ابطأ (١,٦ مم / سم / ساعة / مم زئبق) ويكون الموت بنسبة قليلة عند ٢٠ مم زئبق .

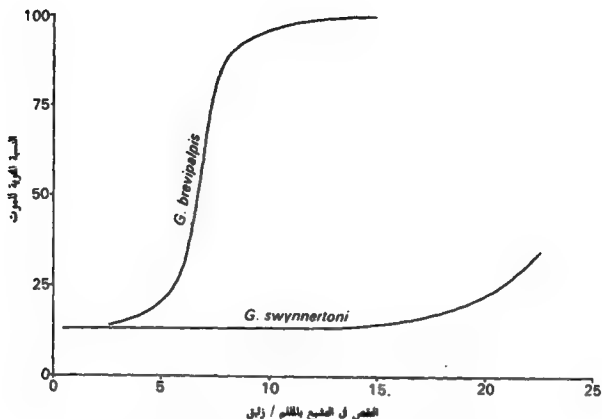
وعندما تستطيع الحشرة التعويض المائى المفقود فإنها تتحمل درجات أو مدى أكبر من الرطوبة النسبية ، لذا فإنه لا يوجد مدى خارجة تموت الحشرات كما هو الحال بالنسبة للحرارة (طالما هناك تعويض مائى) ولكن توجد نسبة معينة من الموت عند درجة الرطوبة المنخفضة حتى مع وفرة المدى المائى وذلك يمكن بأن الطاقة اللازمة للحفاظ على المستوى المائى في الحشرة تظهر تأثيرها على عملية الأيض في الحشرات وفي الجانب المقابل فإن الرطوبة العالية تؤدي إلى موت الحشرة لصعوبة التخلص من مائها الزائد تمت تلك الظروف بالسرعة المطلوبة . ويحدث ذلك في حشرات *Tenebrio* على درجة رطوبة ٧٠٪ وحرارة ٣٠° م .

وبين الشكل التالى العلاقة بين نسبة الموت في حشرة *G. Csnymertmi * Glassimo brevipalpis* والنقص في درجة التشبع مقدرة بالعملية زئبق .

٢٨-٢-٤ اصطلاح

يطلق الاصطلاح *Cryptatriasis* على الحالة التى توجد فيها الحشرة أو الكائن لايتبدى أى مظهر مرئى من مظاهر الحياة وتتوقف عمليات النشاط الأيضى توقف تام وعكس عند ملائمة الظروف والحشرة الوحيدة المعروفة بذلك هى يرقات *Plypeditum* (من رتبة ثنائية الأجنحة) وهى نوع من الذباب غير اللاذع يعيش في البرك على الصخور غير المظلة في نيجيريا . ففي الفصول الجافة تجف هذه البرك وتكون درجة حرارة السطح للصخور حوالى ٥٧° م .

ومن المعروف أن هذه الحشرة تموت عند تعرضها لمدة ساعة لدرجة حرارة ٤٣° م ولكن إذا حدث لها فقد الماء *Dehydrated* حتى يصير أقل من ٨٪ من الكمية الأصلية فإنها تتحمل درجات الحرارة العالية لمدة طويلة من الزمن .



(شكل ٢٨-١٢) تأثير درجة التفرغ في حياة عذاري *G. brevipalpis* و *G. swynnertoni*

ومن الملفت للنظر أنها تتحمل ١٠٢°م لمدة دقيقة أو تتحمل ١٩٠°م في الهواء السائل لعدة أيام .

ويمكن لليرقات تحمل عملية الإزالة التامة للماء الحر لمدة ثلاث سنوات على درجة حرارة الغرفة وبعضها يظهر شفاءً مؤقتاً بعد عشر سنوات . وهناك أدلة على أن يرقات أنواع *Soono* (ثنائية الأجنحة) وبعض يرقات *Ceratopagnid* تظهر الظاهرة موضوع المناقشة . وهناك بعض الحشرات تملك أنسجة لها نفس الخاصية ولكن الحشرة ككل لا تمثل هذه الخاصية فمثلاً خلايا الدم في غياشيم حشرات *Taphrophid* (ثنائية الأجنحة) وخاصة العذاري كذلك حشرات يرقات *Stolts* يمكنها تحمل التخفيف التام لمدة طويلة ولكنها عند إعادة الماء لها تظهر نشاطاً حيوياً مثل عملية التجلط .

القسم السادس

الدم و الهرمونات والفرمونات

The blood, hormones and pheromones

الفصل التاسع والعشرون

الجهاز الدورى

THE CIRCULATORY SYSTEM

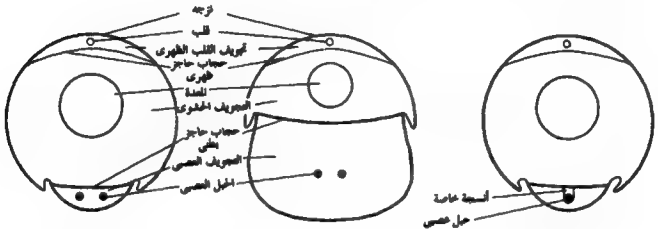
تحتوى الحشرات على جهاز دورى مفتوح يتم دوران الدم فيه عن طريق نشاط الوعاء الظهري الطولى والذى يتكون من قلب خلقي والأورطى الأمامى . وعندما تنبسط عضلات القلب ، فإن الدم يمر إلى داخله خلال فتحات ذات صمامات ، بينما فى حالة انقباض القلب ، والذى يكون من الخلف للأمام فإن الدم يُضغ من الخلف إلى الأمام ، ثم إلى الخارج عبر الأورطى . وهناك غشاء رقيق عضلى (حجاب حاجز) *diaphragm* يفصل القلب عن معظم فراغ الجسم بينما فى بعض الحشرات نجد أن بها غشاءً بطنياً يفصل الحبل العصبى عن فراغ الجسم . وهذان الانفصالان هما والأعضاء النابضة المرتبطة بالزوائد يكملون عمل أو نشاط الوعاء الظهري .

ويختلف عدد مرات انقباض القلب تبعاً لاختلاف النوع وحتى داخل النوع فإن هناك إختلافات على حسب الأنواع المختلفة ، وكذلك على حسب الحالة الفسيولوجية للحشرة الواحدة . وفى بعض الأحيان يبدأ الانقباض فى القلب من الأمام بدلاً من الخلف . فى بعض الحشرات يكون نشاط القلب تحت تأثير النشاط العضلى فقط *myogenic* ولكن فى معظم الحشرات ، فإن هذا النشاط يكون غير معروف هل هو عضلى أم عصبى *neurogenic* . والنشاطات الخارجية أو العرضية للحشرة قد تؤثر فى عدد مرات انقباض القلب ، وذلك عن طريق إفراز هرمون من غدة الكوريس كاردياكم .

٢٩-١ تركيب الجهاز الدورى Structure

الجهاز الدورى فى الحشرات مفتوح ويشغل الدم تجويف الجسم كله ، والذى يعرف لهذا السبب باسم التجويف الدموى *haemocoel* . ودوران الدم يكون أساساً نتيجة للنشاط الانقباضى للوعاء الظهري الطولى ، والذى يفتح على تجويف الجسم وهذا الوعاء الظهري يكون عادة واقفاً على تجويف القلب الظهري *dorsal pericardial* ويفصله عن التجويف الحشرى *perivisceral sinus* الحجاب الحاجز الظهري *dorsal diaphragm* ، وفى بعض الأحيان يكون هناك حجاب حاجز بطنى *ventral diaphragm* فوق الحبل العصبى البطنى ، وهذا الغشاء أو الحجاب يفصل التجويف العصبى البطنى *ventral perineural sinus* عن التجويف الحشوى ، والتجويف العصبى يكون عادة

حجمه صغيراً بالنسبة لتجويف الجسم ولكن في الحشرات التابعة لفصيلة *Ichneumonidae* قد يشغل هذا التجويف نصف تجويف الجسم وذلك بسبب إمتداد الاسترنات التي يكون مرتبط بها الغشاء إلى أعلى (كما هو واضح في شكل ٢٩ - ١ ب) .



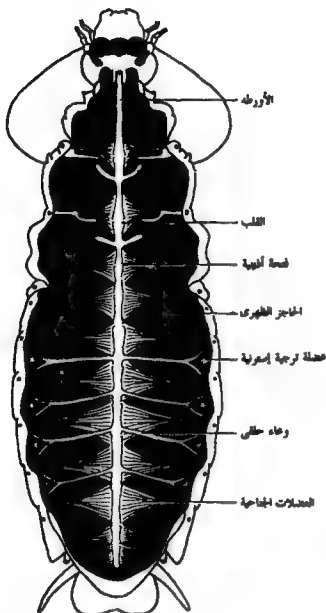
شكل (٢٩-١) قطاع عرضي في حشرات طفلة بين التجويف المعوي وموضع القلب والقناة المعوية والحبل المعوي .

٢٩-١-١ الوعاء الظهري

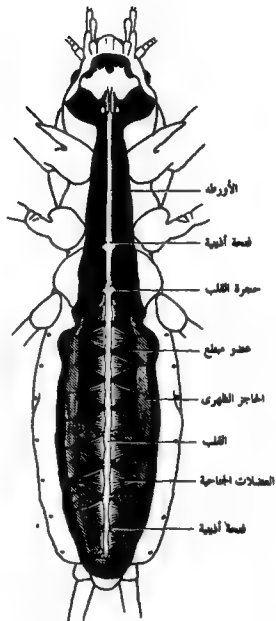
يمر الوعاء الظهري أسفل الترجات مباشرة عبر الخط الظهري الوسطي ويمتد بطول معظم الجسم ، وفي مقدمة الجسم ، فإن هذا الوعاء يتعد عن جدار الجسم الظهري ويقترب من القناة المعوية ماراً من أسفل العقدة العصبية الخفية *Cerebral ganglion* فوق المرىء مباشرة . وينقسم الوعاء الظهري إلى منطقتين : القلب الخلفي ، حيث يكون جدار الوعاء في هذه المنطقة مثقباً بثقوب تسمح بدخول الدم وفي بعض الأحيان تسمح هذه الثقوب بخروج الدم (*fincurrent and excurrent ostia*) . أما الجزء الثاني ، فهو عبارة عن أورطي أمامية ، وهي عبارة عن أنبوبة بسيطة وغير مثقبة ، كما هو واضح في شكل (٢٩ - ٢) ، (٢٩ - ٣) والوعاء الظهري يكون مفتوحاً من الأمام ومقفلاً من الخلف ماعداً في حوريات رتبة ذباب مايو *Ephemeroptera* ، حيث يكون بها ثلاثة أوعية متشعبة تمتد إلى الخيوط الذنبية *Caudal filaments* من نهاية القلب .

وجدار الوعاء الظهري في منطقة القلب والأورطي يكون منقبضاً ، ويتكون من صف واحد من الخلايا ، حيث يوجد بها لويغات عضلية *muscle fibrils* دائرية أو حلزونية .

وفي الحشرات التابعة لرتبة *Heteroptera* يوجد بها ألياف عضلية طولية *longitudinal muscle strands* ، وخاصة حول الأورطي ، الخلايا تكون مرتبطة م كلا الجانبين بالغشاء المتجانس *Homogeneous membrane* أما من الخارج فيوجد عادة نسيج ضام . ويوجد كذلك شبكة من القصبات الهوائية غالباً ، وخاصة حول الجزء الخلفي من القلب .



(شكل ٢٩-٢) تشرح بطى لحشرة *Blattella* يوضح الأوعية الظهرية والحلقية (لوجودها في حلقات الجسم) يحد الحاجر الظهرى والعضلات الجناحية فوق الجدار البطنى للقلب والأوعية ، ولكنه تنزل لزيادة الإنباح (من ناتج ١٩٥١) ،

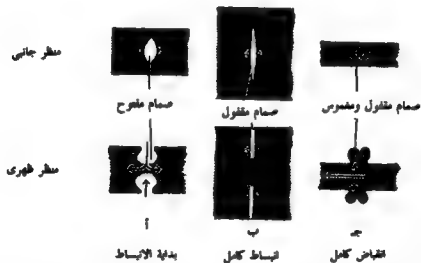


(شكل ٢٩-٣) تشرح بطى للحمار بين الرعاء الظهرى والأجهزة المبطنة . الحاجر الظهرى يحد فرق الجدار البطنى للقلب ، ولكنه تنزل في هذا الرسم لزيادة الإنباح (من ناتج ١٩٥١)

القلب Heart : ينحصر وجود القلب غالبا في منطقة البطن ولكنه قد يمتد إلى الأمام حتى منطقة الصدر الأمامي كما هو الحال في الصراصير وفرس النبي (*Dictyoptera*) ، وفي الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة فإن القلب يكون موجودا على هيئة غرف ، وذلك نظرا لاتساع المناطق المكبسية *ampullae* عند الأماكن التي تنقب فيها الفتحات

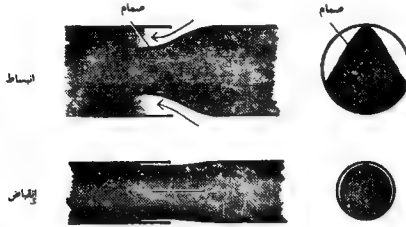
الجانبية *Ostia* جدار القلب ، وتكون الأميولات عادة أكثر بروزا في منطقة الصدر . وفي حوريات الرعاش ويرقات الـ *Tipula* من ثنائية الأجنحة يكون القلب مقسما إلى غرف بواسطة صمامات تكون موجودة أمام كل زوج من الفتحات الجانبية *Ostia* وفي بعض الحشرات الأخرى كما في يرقات ذباب مايو فإن صمامات الفتحات الجانبية نفسها تستعمل وتتلاق مع بعضها داخل فراغ القلب ، وقد يكون القلب مرتبطاً بجدار الجسم الظهري مباشرة أو قد يكون متصلا به عن طريق خيوط مطاطة تسمى الخيوط المعلقة للقلب .

الفتحات الأذينية *Incurrent ostia* : عبارة عن فتحات رأسية توجد على جانبي جدار القلب ، وقد يوجد ٩ أزواج من هذه الفتحات التي تسمح بدخول افيمونيف إلى القلب فقط في منطقة البطن ، وثلاثة أزواج أخرى في منطقة الصدر ، ويوجد هؤلاء الإثنا عشر زوجا في رتبة الـ *Dictyoptera* (الصراصير وفرس النسي) ، أما الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة فيوجد بها ٥ أزواج فقط وفي الذباب يوجد به ثلاثة أزواج فقط من هذه الفتحات ، وتحتوي الحشرات التابعة للـ *Mellophaga, Siphunculata, Geocorisae* أيضا على زوجين أو ثلاثة أزواج من الفتحات الفؤادية *ostia* ، كما أن القلب في هذه الحشرات يكون منحصرا في منطقة الحلقات الخلفية للبطن . وتتشى الحافة الأمامية والحافة الخلفية لكل فتحة من هذه الفتحات داخل القلب حيث تكونان معا صماما ، وهذا الصمام يسمح بانسياب الدم إلى داخل القلب أثناء الانبساط ، ولكنه يمنع الدم من الخروج أثناء انقباض القلب ، والشكل رقم ٢٩ - ٤ يبين طريقة عمل هذه الفتحات ، ففي أثناء انبساط القلب ، فإن الحافات تنفرج عن بعضها بواسطة إندفاع الدم (أ) ، وعندما يكتمل الانبساط ، فإن تلك الحافات تجبر على الاقتراب من بعضها نتيجة لضغط الدم داخل القلب (ب) وتظل مغلقة أثناء عملية الانقباض وعند اقتراب نهاية الانقباض ، فإن الصمام يصبح منيعجا نتيجة للضغط (ج) ولكنها تمنع من الانقلاب الكامل للخارج عن طريق خيوط أحادي الحللايا يكون متصل بالقلب



(شكل ٢٩-٤) صمامات الصمامات الأوبية في يرقة *Chorthippus parallelus* في أوضاع مختلفة من حركات القلب . للمظهر الظهري منظر جانبي والسفلي علوي ، ونفسه الأسهم إلى اتجاهات سير الدم (عن جيفرودوت ١٩٦٥)

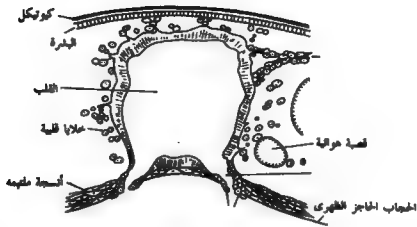
من الداخل . وفي دودة الحرير فإن الحافة الخلفية فقط لكل فتحة جانبية تمتد على شكل مصراع متحرك *flap* داخل القلب (شكل ٢٩ - ٥) ، وأثناء انقباض القلب ، فإن هذه المصراع أو اللسان يتم الضغط عليه بواسطة الدم في اتجاه جدار القلب ، مما يعمل على إغلاق الفتحات الجانبية ومنع خروج الدم منها .



(شكل ٢٩ - ٥) رسم توضيحي يبين صمامات الفتحات الأوتية كما هي موجودة في دودة القز ، وترى أنفية (إلى اليسار) وعرجية (إلى اليمين) .
، يبين الأسهم اتجاه سير الدم .

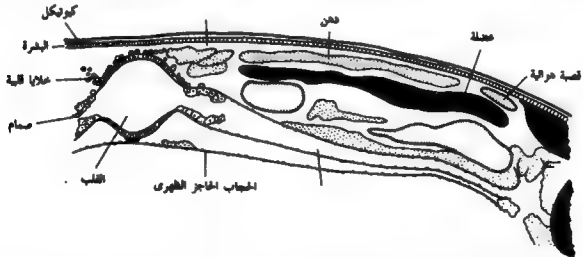
الفتحات الجانبية البطنية (الفتحات الفؤادية) *Excurrent ostia* : وصف العالم Nutting سنة ١٩٥١ هذه الفتحات في حشرات مستقيمة الأجنحة ، وكذلك في الحشرات ذات الذئب ، وهي تكون عادة على هيئة أزواج من الفتحات الجانبية البطنية (الفؤادية) في جدار القلب وهذه الفتحات لا تحتوي أى صمامات داخلية ، وعدد هذه الفتحات يختلف على حسب النوع ، ولكن في فوق فصيلة النطاطات *Acridoidae* يوجد منها زوجان في الصدر وخمسة أزواج في البطن ، وكل فتحة محاطة خارجياً بحلمة *papilla* وهذه الحلمة تتكون من خلايا إسفنجية متعددة الأنوية *multinucleate* ، وعندما ينقبض القلب ، فإن تلك الحلمات تمتد مؤدية بذلك إلى خروج الدم من القلب أما في حالة انبساط القلب ، فإنها تنقبض مما يعمل على منع دخول الدم إلى القلب ، وذلك بعكس النوع السابق من الفتحات الأذينية الخارجية *Incurrent ostia* .

والفتحات الجانبية البطنية في الحشرات التابعة لد *Phasmida* تفتح في تجويف حول القلب *Pericardial sinus* ولكن في الحشرات التابعة لفوق رتبة النطاطات فإن الحلمات تحترق الغشاء الظهري (الحجاب الحاجز الظهري) مما يؤدي إلى فتح تلك الفتحات الجانبية البطنية في تجويف حول الأمعاء *Pervisceral sinus* (شكل ٢٩ - ٦) . وفي الحشرات التابعة لفوق فصيلة *Tettigoniodea* تفتح تلك الفتحات بين طبقتين للحجاب الحاجز الظهري وبذلك فإن الدم الذي يخرج من القلب يمر جانبياً قبل أن يدخل في تجويف الجسم . والحشرات التابعة لكل من الـ *Plecoptera* والـ *Embioptera* لا تكون تلك الفتحات فيها في أزواج بل في صف واحد من الفتحات .



(شكل ٢٩-٦) قطاع عرضي لى قلب حشرة Tenebrio بين الفتحات الأوعية الى تصب مباشرة الى التعريف حول الأضواء

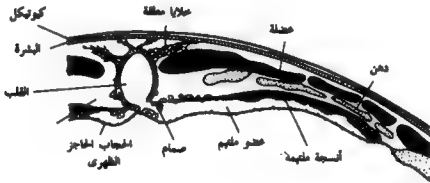
الأوعية الدموية فى الحلقات Segmental vessels : معظم الحشرات التابعة لرتبة الصراصير وفرس النسي لا تحتوى على الفتحات الفؤادية الخارجية *excurrent ostia* والتي تسمح بخروج الدم من القلب ولكنها تحتوى على أوعية دموية واضحة داخل حلقات الجسم يتم عن طريقها خروج الدم من القلب إلى تجويف الجسم (شكل ٢٩ - ٢) ففى الصراصير يوجد إثنين من هذه الأوعية فى الصدر وأربعة فى البطن أما فى فرس النسي فلا يوجد بها إلا الأربعة أوعية البطنية فقط . وهذه الأوعية تخرج من القلب وتمر بين العضلات الجناحية *allform muscles* ثم تتفرع عند الأطراف وتختفى بعد ذلك كتشعبات دقيقة فى الجسم الدهنى (شكل ٢٩ - ٧) . وعند منشأ كل وعاء من هذه الأوعية يوجد مجموعة من الخرز الحلقوية السائبة *Group of loosely cells packed* والتي تعمل كصمام يسمح بتدفق الدم إلى



(شكل ٢٩-٧) قطاع عرضي لى تعريف حول الأضواء فى بطن حشرة Blaberus بين الزوايا الخلفية (نسبة إلى حلقات الجسم) الذى تخرج من القلب ويصل بالجسم النصى إلى أسفل (عن دامج ١٩٥١)

خارج القلب فقط . وجدر هذه الأوعية الدموية غير عضلية ولكن هناك إقتراح بأنها قد تنقبض مستقلة عن القلب إن أنه من المحتمل أن كمية المضلات القليلة الموجودة في الصمام يمكن أن تحدث موجة من الإنقباض والتي تمر خلال الوعاء .

الأعضاء الابتلاعية Phagocytic organs : توجد هذه الأعضاء في الجزء الأمامي من البطن في الحشرات التابعة لفوق فصيتى *Tettigoniodea* و *Grylloidea* ، وهي عبارة عن أكياس مبطنية مثلثة الشكل، ولها فتحات يكون وضعها جانبي بعنى بالنسبة للقلب متصلة بصمامات الفتحات الجانبية البطنية، ثم تمتد بعد ذلك بين العضلات الجناحية (شكل ٢٩ - ٣) . وقد يوجد في الحشرة من ٢ إلى أربعة أزواج من هذه الأعضاء ، ويتكون الجدار البطني لهذه الأعضاء بواسطة الحجاب الحاجز الظهرى أما جدارها الظهرى فيتكون بواسطة الخلايا الابتلاعية، والتي تكون متعددة الخلايا وتشغل جزءاً من فراغ كل كيس (شكل ٢٩ - ٨) ، وفيما يبدو أن هذه الأعضاء تعمل كمرشحات لفصل الصيغات والأشياء الأخرى من الدم ، كما أنه من المفترض كذلك أن الدم نفسه يتم تنقيته خلال الحجاب الحاجز الظهرى .



(شكل ٢٩-٨) قطاع عرضي في الفراغ المحيط بالقلب في بطن حشرة الحفار بين الصدر للثيم والأنسجة الملتهمة . الخلايا الملتهمة بالقلب تربط (الخلايا الملتهمة) أجزاء القلب من الجهة الصدرية

الأورطى Aorta : يقع في مقدمة القلب كامتداد طبيعي للوعاء الدموى الظهرى ، وهو عبارة عن أنبوبة بسيطة ولا تحتوي على فتحات جانبية *Ostia*، ولكن في الحشرات التابعة لرتب الرعاشات ومستقيمة الأجنحة والغمدية والحشرشية قد يوجد أغورى *diverticula* تمتد من الأورطى ظهرى، والذي يكون غالباً متصلاً بالأعضاء النابضة التي تعمل على ضخ الدم في الأجنحة . والأورطى في الحشرات التابعة لمستقيمة الأجنحة تمتد إلى أسفل العقد الخفية *cerebral ganglion* كمزرب أو قناة ضيقة مفتوحة عند نهايته ، أما في مجاميع الحشرات الأخرى، فإن نهاية الأورطى لا تكون مستدقة ولكن تنتهى نهاية بمتورة (فجائية) إما في داخل فراغ الجسم أو في التجويف الموجود أسفل المخ كما هو الحال في بقعة الرودنيس *Rhodnius* ، وفي دودة الحرير، فإن الأورطى يتسع على شكل كيس في مقدمة المخ، ثم يتفرع منها أوعية إلى كل من الفكوك وقرون الاستشعار والعيون .

٢٩-١-٢ العضلات الجناحية والحاجز الظهري

تكون العضلات الجناحية أو المروحية مرتبطة عن قرب بالقلب وهذه العضلات تمتد من أحد جوانب الجسم إلى الجانب الآخر أسفل القلب مباشرة . وهي تمتد على شكل مروحة وتكون متصلة بالترجات من الناحية الضيقة على جانبي الجسم وتلتقي عضلات كل جانب في منطقة واسعة في الوسط (شكل ٢٩ - ٢ ، ٢٩ - ٣) ، ولكن في بعض الحالات كما هو الحال في النطاطات فإن هذه العضلات تكون عريضة كذلك في منطقة المنشأ (أي في منطقة اتصالها بالترجات) . وفي معظم حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة على الأقل يكون الجزء الطرق قرب نقطة المنشأ فقط متقبضا أما بقية الجزء الأكبر من العضلة والذي يتكون من جرم من النسيج الضام والذي يتفرع فيكون خاملا ، وبعض ألياف النسيج الضام تكون صغيرة أو شبكة تمتد إلى جدار القلب ، ولكن في بعض الحشرات كما هو الحال في يرقات ثنائية الأجنحة فإن العضلات الجناحية تكون متصلة اتصالا مباشرا بجدار القلب بدلا من أن تلتقى أسفله ، وقد تحتوي حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة على عشرة أزواج من العضلات الجناحية في البطن وزوجين في الصدر ولكن في بعض الحشرات الأخرى يكون عددها أقل من ذلك، ففصيلة *Geocoris* على سبيل المثال تحتوي حشراتنا على ٤ - ٧ أزواج من هذه العضلات .

والعضلات الجناحية تعمل كجزء متمم للحجاب الظهري والذي ينتشر بينها كغشاء مثقب من النسيج الضام *femurated connective tissue mem.* ، والحجاب الحاجز الظهري عادة يكون غير كامل من الجوانب مما يستتبعه أن تجويف حول القلب قد يكون متصلا بتجويف حول الأمعاء في هذه الأماكن . والحدود الجناحية لهذا الحجاب غالبا تكون غير محددة ويمكن تمييزها بواسطة العضلات أو القصبات الموائية أو منشأ العضلات الجناحية .

٢٩-١-٣ الحاجز السفلي

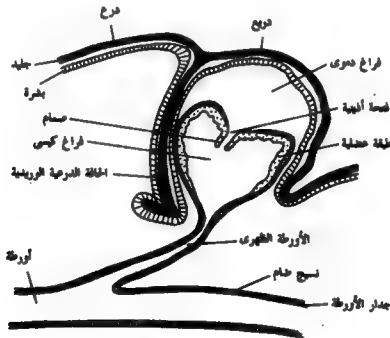
هو عبارة عن حجاب حاجز أفقي يقع فوق الحبل العصبي مباشرة ويفصل التجويف حول العصبي عن التجويف حول المعوى (شكل ٢٩ - ١) ، ويوجد هنا الغشاء في كل من الحشرات الكاملة واليرقات في حشرات الرعاشات ومستقيمة الأجنحة وثنائية الأجنحة وشبكية الأجنحة ولكنه يتواجد فقط في الحشرات الكاملة لد *Mecoptera* والحشرات الأقل تطورا التابعة لرتبة ثنائية الأجنحة ، ولا يوجد الحجاب البطني في الحشرات التابعة للرتبة الأخرى ماعدا في رتبة حشرية الأجنحة فهو في هذه الرتبة يكون غير عادي بحيث يكون الحبل العصبي البطني مرتبطا بسطحه البطني عن طريق نسيج ضام كما هو مبين بشكل (٢٩ - ١ ج) . والحجاب الحاجز البطني يكون متصل بالاسترنات في كلا جانبي الجسم وعادة ما يكون هذا الاتصال عند نقطة واحدة في كل استرنة مما ينتج عنه وجود فجوات كبيرة بطول حافى الحجاب الحاجز يكون عندها كل من التجويفين الحول المعوى والحول عصبي متصلين ببعضهما ، ولكن في رتبة حشرية الأجنحة يكون هناك أكثر من نقطة اتصال بين الحجاب الحاجز والاسترنة الواحدة .

والحجاب الحاجز البطني يكون وجوده مقتصرأ على البطن فقط في العديد من رتب الحشرات ولكن في رتبة مستقيمة الأجنحة فإنه يوجد كذلك في منطقة الصدر ، وهو لا يمتد خلفا إلى خلف النهاية الخلفية للحبل العصبي البطني .

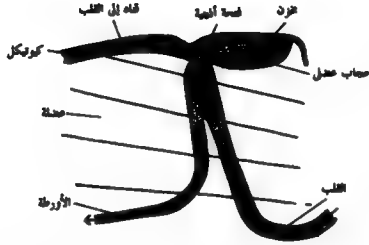
ويختلف تركيب الحجاب الحاجز البطنى ، فكل سبيل المثال. فإنه يكون رقيقاً ويحتوى على كمية قليلة من العضلات، أو لا يحتوى على عضلات في صدر التناطاطات .

٢٩-٩-٤ الأعضاء النابضة المساعدة

بالإضافة إلى الوعاء الظهرى فغالبا ما يوجد أعضاء نابضة أخرى تكون مرتبطة بالتجويف الدموى وهذه الأعضاء وظيفتها المحافظة على ضخ الدم ودورانه في أطراف الحشرة ، ففي الصدر الأوسط وفي بعض الأحيان في الصدر الخلفى يوجد عضو نابض مسئول عن دوران الدم خلال الأجنحة ، وتتصل عروق Veins الجزء الخلفى للجناح بفراغ دموى أسفل الترجة عن طريق حبل إبطى ، ففي الرعاشات *Odonata* فإن الفراغ الدموى يفتح عن طريق فتحة طرفية *terminal ostium* خلال الفراغ الكيسى *ampulla* والذي يوجد في نهاية الجزء الأعورى من الأورطى الظهرى *dorsal diverticulum of the aorta* كما هو مبين بشكل (٢٩ - ٩) . وانقباض هذه الفراغات الكيسية يعمل على دفع الدم في الوعاء الظهرى ، وعند انبساطها فإن الفتحة الطرفية *Ostium* تنفتح وبالتالي ينسحب الدم من الفراغ الدموى الموجود أسفل الترجات وبطريق غير مباشر يسحب الدم الموجود في الأجنحة ، وفي العديد من الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة يكون الوعاء الدموى الظهرى بها مئباً في السطح الظهرى للصدر على شكل عقدة (مكوناً بذلك ما يسمى بالعضو النابض) (شكل ٢٩ - ١٠) ، وفي هذه الحالة يكون الفراغ الدموى *reservoir* منفصلاً عن الترجات بواسطة غشاء عضلى ويرتبط هذا الفراغ الدموى بالقلب عن طريق زوج من الفتحات تكون موجودة في قمة العقدة . وفي أثناء الانبساط يمر الدم إلى القلب من الفراغ الدموى بينما في أثناء الانقباض يتم ضخ الدم إلى الأمام في طريقه الطبيعي وفي نفس الوقت فإن الحاجز العضلى *muscular diaphragm* يهبط مما يعمل على سحب الدم من الأجنحة والصدر .



(شكل ٢٩-٩) قنّاع طولى في الصدر الأوسط لحشرة Anax بين الصدر الخلفى (من يونيو ١٩٥٨) .



(شكل ٢٩-١٠) قطاع طولى لى الصدر الأوسط للذرة التى بين الحلقة الظهرية للقلب التى صدر صدرها نابضا (من جيرولد ١٩٢٨)

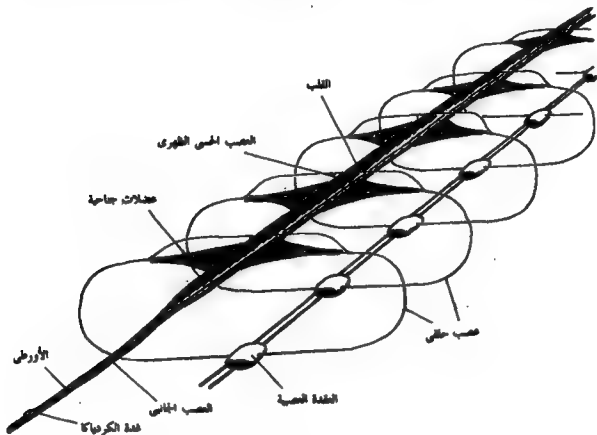
وغالبا ماتعمل الأغشية النابضة الموجودة فى التعريفات الموجودة فى الأجنحة للمساعدة على دوران الدم خلالها ، فعلى سبيل المثال يوجد أربعة من هذه الأغشية النابضة فى كل جناح من أجنحة حشرة الفروسيولا *Drosophila* وذلك فى التعريفات التى توصل إلى مركز الجناح وغشاء واحد يوجد فى عرق يوصل إلى غارح الجناح ، وتركيب هذه الأجنحة ، وكذا طريقة عملها لم يتم التعرف عليها ، ولكن ربما يكون نشاطها معتمداً على نشاط العضو النابض الصدرى .

وتحتوى الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة وربما العديد من الحشرات على فراغات كيسية صغيرة موجودة عند قاعدة كل قرن إستشعار وهذه الفراغات الكيسية تكون متصلة بفراغ الجسم عن طريق فتحة ذات صمام وتمتد كوعاء دموى داخل قرن الاستشعار ، وعندما تتحدد الفراغات الكيسية يندفع الدم إلى داخلها من (التجويف الدموى) بينما عند انقباض هذه الفراغات الكيسية عبر الدم يمر على الاندفاع إلى قرون الاستشعار . وتوجد أعضاء نابضة أخرى فى أرجل الحشرات التابعة لرتبة مختلفة الأجنحة *Heteroptera* .

٢٩-١-٥ الأعصاب المتصلة بالقلب

فى بعض الحشرات كما هو الحال فى بعوضة الأنوفيليس يكون القلب غالبا من أى إتصال عصبى على الرغم من وجود أعصاب فى حلقات البطن تكون متصلة بالعضلات الجناحية ، ومن جهة أخرى فإن القلب فى حشرة الصرصور يكون مزوداً بأعصاب من ثلاثة مصادر، وهى أعصاب قادمة من غدة الكوربورا كاردياكم وأعصاب قادمة من العقد العصبية *segmental nerves* التى تتحد مع بعضها مكونة عصب طولى على كل جانب من جانبي القلب الذى يخرج من تفرعات عصبية إلى جذلر القلب والعضلات الجناحية . وبالإضافة إلى ذلك قد توجد ألياف حسية تخرج من القلب وترتبط بين الأعصاب الحسية وجدار الجسم الظهري (شكل ٢٩ - ١١) .

وبخلاف هذين المطين الرئيسين للإتصال العصبي بالقلب توجد درجات وسطية مختلفة من الإتصال العصبي ، فحشرة الدخان *Prodenia* على سبيل المثال يوجد بها فقط الأعصاب الحلقية وفي صرصور المطبخ وربما في معظم الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة يوجد بها خلايا عصبية متفرقة تعرف باسم الخلايا العقدية *ganglion, cells* وهي توجد بجوار عصب القلب الجانبي ولكن هذه الخلايا لا توجد دائما في الحشرات الأخرى .



(شكل ٢٩-١١) رسم توضيحي بين عصب القلب في حشرة حبل الصرصور الأبريكي ذات العصب الكامل هو

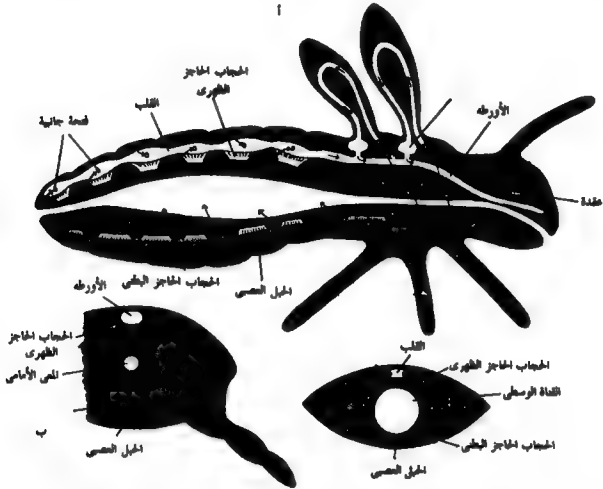
٢-٢٩ الدورة الدموية Circulation

٢-٢٩-١ مخطط سير الدورة الدموية

في الأحوال العادية يتم ضخ الدم إلى الأمام خلال القلب أثناء الانقباض. وهذا الدم يمر إلى مخارج القلب عن طريق الفتحات الجانبية البطنية *excurrent ostia*، وكذلك عن طريق الأورطى الموجود أمام القلب (شكل ٢٩-١٢) ، والصمامات الموجودة في الفتحات الأذنية *incurrent* تمنع خروج الدم من هذه الفتحات أثناء الانقباض ، والدم المدفوع أماميا بواسطة القلب يعمل على زيادة ضغط الدم في الجزء الأمامي من تجويف حول

القلب وعلى ذلك فإن الدم في هذا التجويف يميل إلى أن يتجه إلى الخلف ثم يمر الدم إلى أسفل متجها إلى التجويف العصبي البطني حيث يتم إثارة الدم عن طريق حركات الحاجز البطني كما يساعد على إمداد الجهاز العصبي بالدم . وعادة ما يكون الحاجز الظهري محدب لأعلى وانقباض العضلات الجناحية يعمل على تقليل هذا التحدب ويجعله مفلطحاً ، وهذا التفلطح يزيد من حجم تجويف حول القلب أثناء تمدد التجويف الحشوي كما يعمل على مرور الدم لأعلى في تجويف حول القلب ثم بعد ذلك يدخل الدم إلى القلب أثناء الانبساط خلال الفتحات الأذينية *Incurrent ostia*

. ostia



(شكل ٢٩-١٢) رسم توضحى بين دورة الدم في حشرة ذات جهاز دورى كامل هو . نغور الأسهم إلى اتجاه سر الدم أ - قطاع طول ب - قطاع عرضي في الصدر ج - قطاع عرضي في البطن (من وجنرورث ١٩٦٥)

وهناك العديد من الحشرات التي عرفت فيها دورة الدم خلال الأجنحة وكذلك على الرغم من أن دوران الدم في الأجنحة لا يحدث في بعضها إلا في الحشرات البالغة الحديثة . وعادة ما يمر الدم في الأحوال الطبيعية عبر التفرقات الأمامية ثم إلى الخلف عبر التفرقات العرضية والفراغات الصغيرة بين الأنسجة *Smaller tissues* ثم يعود الدم بعد ذلك

إلى الجسم عبر التفرقات الخلفية والحبل المحوري *axillary cord* وتعمل تفرقات الضغط على تحويل دورة الدم خلال الأجنحة وذلك عن طريق ضخ الدم في الفراغات التي كانت خالية أو راکدة من قبل، ولكن خط سير الدورة يظل كما هو ، وعلى أى حال إذا كانت التفرقات في ضغط الدم في الصدر بدرجة ملحوظة فإن اتجاه خط سير الدم عبر العروق ربما يتعكس وخاصة في التفرقات الأمامية .

ويتم توجيه انسياب الدم عند قاعدة الأجنحة عن طريق التحام الأغشية المفصليّة الظهرية والبطنية حيث يكون الفراغ المحصور بينها صغيراً بدرجة كبيرة ، ففي الأمام تكون الأغشية بعيدة بعضها عن بعض، وذلك لوجود الصليبات المحورية *axillary sclerites* مما يجعلها تحتفظ بفراغ يُسمى الفراغ الأمامي (شكل ٢٩-١٣) والذي يكون متصلاً من الجزء الأمامي بالتجويف الحشوي ، وإلى الخلف من الصليبات المحورية فإن الأغشية تتحد مع بعضها ماعداً وجود بعض القنوات الصغيرة الغير منتظمة ولذلك فإن الدم الموجود في الفراغ الأمامي يتجه إلى الخلف، ثم إلى الفراغ الحشوي أو إلى الخارج عبر العروق الأمامية . أما في الخلف فإن العروق الشرجية *anal veins* تكون متصلة بالحبل المحوري *axillary cord* عن طريق قنوات تكون موجودة بين الغشائين المتحدتين ومن هنا فإنها تكون متصلة بالعضو النابض الموجود في الصدر ، وبهذه الطريقة فإن الدورة الدموية الطبيعية في الأجنحة تتم المحافظة عليها ، وذلك على الرغم من أن انقباضات العضو النابض في بعوضة الأنوفيليس يكون غير منتظم إلى حد كبير ، ودوران الدم خلال الأجنحة عندما تكون مطوية يقل إلى حد كبير وذلك بسبب إسداد القنوات الموجودة في الغشاء المفصلي . وفي حالة عدم دوران في الأجنحة فإن القصبات الهوائية لحشرات الحراصر *Blattella* تنهار ويصبح تركيب الجناح جافاً وهشاً .



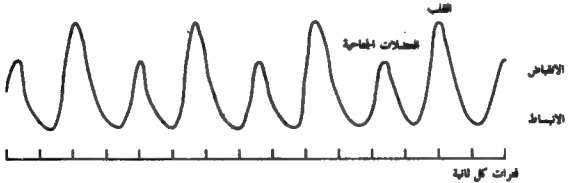
(شكل ٢٩-١٣) رسم توضيحي يوضح الدورة في قاعدة الجناح الأمامي للحراصر . المساحة التي يثبت فيها هياكل الجناح مطوية بالتون الأسود . توضح قنوات واضحة بين الغشائين .

وتضخ الأعضاء النابضة الدم كذلك إلى قرون الاستشعار وفي رتبة مختلفة الأجنحة *Heteroptera* فإنها تعمل على سحب الدم من الأرجل . وفي معظم الحشرات فإن تجويف الأرجل يكون مقسماً إلى قسمين (قناة أمامية وقناة خلفية) وذلك بواسطة حاجز طولي ، والدم يمر لأسفل القناة الخلفية من التجويف المصبي ثم لأعلى القناة الأمامية إلى الفراغ الموجود بين عضلات الجناح في التجويف الحشوي ، ومن المعتقد أن اختلاف الضغط بين هذين لتجويفين هو الذي يحافظ على اتجاه انسياب الدم .

وتتأثر الدورة الدموية بطريقة غير منتظمة بواسطة حركات القناة الهضمية وكذلك بواسطة حركات التنفس ، كما أنه وجد أن أى نشاط يعمل على حدوث اختلافات في الضغط في الأجزاء المختلفة من جسم الحشرة يؤثر في لدورة الدموية .

٢٩-٢-٢ ضربات القلب

ينشأ انقباض القلب من إنقباض العضلات الموجودة في جدار القلب والتي تبدأ من الخلف ثم تنتشر إلى الأمام على شكل موجة ، أما الانبساط فهو مرحلة الاسترخاء فيكون نتيجة لاسترخاء العضلات وذلك بمساعدة الحبيوط لمطاطة التي تدعم القلب وفي بعض الحالات يكون ذلك عن طريق انقباض العضلات الجناحية حيث تكون تلك لعضلات متصلة بجدار القلب بطريقة مباشرة أو أنها تكون متصلة به بطريقة غير مباشرة عن طريق نسيج ضام ، انقباض العضلات الجناحية يتم أثناء طور الاسترخاء في القلب (شكل ٢٩ - ١٤) ، وذلك على الرغم من أن هذا الانقباض قد لا يكون متشعباً بالضبط مع انبساط القلب . وبعد انبساط أو استرخاء القلب توجد مرحلة ثالثة في دورة القلب تعرف بمرحلة التمدد *Diastasis* ، حيث يظل القلب فيها في وضع منبسط . وزيادة معدل ضربات القلب يتسبب عن اختزال فترة الراحة .



(شكل ٢٩-١٤) رسم ميكانيكي بين تغير الانقباض في كل من القلب والعضلات الجناحية في يرقات حشرة الـ *Coccinella septempunctata* .

هذا دليل على تمدد القلب بصورة طفيفة قبل عملية الانقباض . وهذا الانخفاض يعرف باسم علامة ما قبل لانقباض *presystolic notch* وربما يكون مرجعه إلى زيادة في الضغط الهيدروستاتيكي داخل القلب ، وذلك تبعاً لأن لانقباض يبدأ من طرف القلب الموجودة في الخلف .

الفصل الثلاثون

الهيمولymph

THE HAEMOLYMPH

يتكون دم الحشرات أو الهيمولymph من سائل بلازمي تنتشر فيه خلايا ذات أنوية ، ويتواجد في الهيمولymph عدة أنواع مختلفة من الخلايا والتي يختلف عددها اختلافا ملحوظا وقد يكون منشأ هذا الاختلاف راجعا إلى تغير حقيقي في أعداد الخلايا الموجودة ولكن في بعض الأحيان الأخرى قد يرجع هذا الاختلاف إلى أن تلك الخلايا لتتبع بأعداد كبيرة بالأنسجة المختلفة . ووظيفة هذه الخلايا قد تكون ابتلاعية وكذلك إلتقام الجروح، وربما التخزين وكذلك بعض عمليات التمثيل الغذائي الوسيطة .

وقد يكون لخلايا الدم دور في تكوين الأنسجة الضامة ولكن في حالات عديدة نجد أن النسيج الضام يتكون من خلايا من أنسجة أخرى . ووظيفة هذه الأنسجة الضامة هو تدعيم وربط الأنسجة مع بعضها وفي هذا المجال فإن الجهاز القصبي (القصبات الهوائية) ربما يلعب دوراً مهما في هذه العملية . ومن المحتمل أيضا أن بعض هذه الأنسجة الضامة تعمل على توصيل الإفرازات من مكان إفرازها إلى المكان الذي تؤثر فيه .

وقد يختلف الدم في المراحل المختلفة من دورة الحياة وذلك تبعاً للحالة الفسيولوجية للحشرة . ويحتوي السائل البلازمي على أيونات غير عضوية وربما كان الصوديوم والكلوريد من أهمها ولكن الحشرات تختلف عن الحيوانات الأخرى في أن الأيونات الأخرى ربما تكون موجودة في دمها بتركيزات عالية عن أيون الصوديوم والكلوريد . وتتواجد المواد العضوية في البلازما ففي الحشرات الرافقة نجد أن الأحماض الأمينية تساهم مساهمة واضحة في التركيز الأموزي الكلي للهيمولymph . وتكون البروتينات موجودة كذلك ويختلف تركيزها في الهيمولymph تبعاً لاختلاف طور الحشرة وعمرها .

وسائل البلازما يعتبر مبدئياً كوسيلة لتوصيل المواد إلى أعضاء الجسم المختلفة ولأنه قد يلعب دوراً أقل أهمية في عملية التنفس ، كما أنه يعمل كمخزن لبعض المواد كالكسكربات والبروتينات ، بينما الماء الموجود به يكون احتياطاً للمحافظة على سوائل الأنسجة . والضغط الهيدروستاتيكي للهيمولymph له أهمية كبيرة في حركة الرقات الرخو وكذلك في التمدد بعد الانسلاخ وبعض العمليات الأخرى .

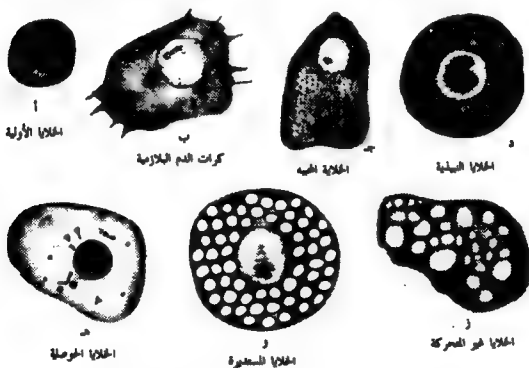
وقد درس تركيب ووظيفة خلايا الدم بواسطة جونس سنة ١٩٦٢ ، سنة ١٩٦٤ وويليزورث سنة ١٩٥٩ رد فعل خلايا الدم تجاه الطفيليات، وكذلك تجمطة فقد درس بواسطة العالم سالت سنة ١٩٦٣ ، سنة ١٩٦٨ العالم بريد سنة ١٩٥٠ والعالم جريجورى سنة ١٩٥١ ، ١٩٦٤ . والتركيب الكيماوى للبالزما ووظائفها الحيوية راس بواسطة العالم بوخ سنة ١٩٥٣ وفلوركين وجيونيكس سنة ١٩٦٤ وسويتكليف سنة ١٩٦٣ ووايات سنة ١٩٦١ . ووظائف الدم عموما تمت دراستها بواسطة العالم ميلليانى سنة ١٩٣٩ ، بينا العالم آشور ست سنة ١٩٦٨ درس تركيب ووظيفة الأنسجة الضامة فى الحشرات .

١-٣٠ خلايا الدم Haemocytes

يدور الدم أو الهيموليمف خلال تجويف الجسم بين الأنسجة المختلفة ويتخللها مباشرة، وهو يتكون من السائل بلازمى الذى تنتشر فيه خلايا الدم .

١-١-٣ أنواع خلايا الدم

لقد تم وصف أنواع عديدة مختلفة من خلايا الدم ولكن من الصعوبة بمكان عمل تقسيم شامل أو محدد شامل لخلايا الدم ، وذلك لأن النوع الواحد من الخلايا تكون له أشكال مختلفة باختلاف الظروف التى توجد فيها الحشرة كذلك تبعاً لاختلاف الطرق والتكنيكات التى أستخدمت فى دراسة هذه الخلايا . وقد تعرف العالم جونس سنة ١٩٦٤ ، ١٩٦٤ على ٤ أنواع رئيسية من الخلايا فى معظم الحشرات التى درسها وهذه الأنواع هى :



(شكل ٣٠ - ١) رسم توضيحي بين الأنواع المختلفة من خلايا الدم .

الخلايا الأولية Prohemocytos : وهي الخلايا صغيرة ومستديرة وتحتوى على نواة كبيرة نسيءة والسيتوبلازم بصيغ بصبغة قاعدية *basophilic* ، وهذه الخلايا تنقسم على فترات متعددة لتكون الأنواع الأخرى من خلايا الدم .

كرات الدم البلازمية Plasmatocytes : وهي النوع الغالب في الدم ولها أشكال مختلفة وهذا النوع من الخلايا ابتلاعى والسيتوبلازم عصب للصبغة القاعدية .

الخلايا القلبية Granular haemocytos : وهي أيضا خلايا ابتلاعية ولكنها تتميز باحتوائها على حبيبات تصبغ بصبغة حامضية في السيتوبلازم .

الخلايا الحوصلية Cystocytes أو خلايا التجلط : وهي تتميز باحتوائها على نواة صغيرة محددة وسيتوبلازم شفاف يحتوى على حبيبات صغيرة مبعثرة فيه لونها أسود . بينا الأنواع الأخرى من الخلايا تحتوى على أنوية أكبر حجما والسيتوبلازم يكون لونه غامقا وربما تكون الخلايا الحوصلية Cystocytes نوعا خاصا من الخلايا الحبيبية .

بالإضافة إلى ذلك توجد أنواع أخرى من خلايا الدم في أنواع معينة من الحشرات . ومن أبرز هذه الأنواع الخلايا النيزيدية *Oenocyroid* والخلايا المستديرة *spherule* وكذلك الخلايا غير المتحركة *adiaphaemocytes* ويتواجد النوع الأول من هذه الخلايا في الحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة وحرشفية الأجنحة وثنائية الأجنحة وكذلك رتبة مختلفة الأجنحة *Heteroptera* . وهذا النوع من الخلايا كبيرة الجسم وسميكة تصبغ بصبغة قاعدية وتحتوى على مجموعة كبيرة من الحبيبات . أما النوع الثانى الخلايا الكروية (*Spherule cells*) فتوجد في الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة وثنائية الأجنحة وهي مستديرة أو مضغوطة الشكل ومحتوياتها محبة للصبغ الحامضى . أما النوع الثالث وهي الخلايا غير المتحركة *adiaphaemocytes* فتوجد في جميع الحشرات التي درست من رتبة حرشفية الأجنحة وثنائية الأجنحة وكذلك في بعض الأنواع الأعلى التي تنتمي إلى رتب مختلفة .

وليس من الواضح ما إذا كانت الأنواع المختلفة من خلايا الدم تمثل مراحل مختلفة لتطور الخلية الدموية ولكن ربما يبدو أن معظم هذه الخلايا مشتقة من الخلايا الأمية وهي الخلايا الأولية *Prohaemocytes* .

٣-١-٢ منشأ خلايا الدم

تنشأ خلايا الدم في الحشرات من الطبقة الجنينية الوسطى (الميزودرم) في بعض أنواع الحشرات فإنه فما بدأ لتتكون خلايا دموية جديدة في مرحلة ما بعد النمو الجنيني إلا عن طريق الانقسام في الخلايا الأمية الموجودة أصلا . وحدوث الانقسام المتوزى (الانقسام غير المباشر) ربما يختلف تبعاً لمرحلة التطور ومن أجل ذلك فإن عدد خلايا الدم الموجودة ربما تكون متغيرة أيضا . وعلى أى حال فإن يرقات رتبة حرشفية الأجنحة واليرقات التابعة لبعض المجموعات الأخرى فإنه يوجد بها عضو يكون مسئولا عن تخليق خلايا الدم *Haemopoietic organ* . وفي اليرقات فإن أربعة من هذه الأعضاء تكون موجودة خلف الثغر التنفسى الموجود على الصفيحة الأمامى وكل واحد منها يتكون من كتلة من الخلايا المستديرة مرتبطة مع بعضها بواسطة نسيج شبكى يمر بين الخلايا وتكون على شكل كبسولة . وتكون هذه الخلايا عبارة عن عضو واضح وليس عبارة عن مجرد مجموعة من الخلايا ولها جهاز قصبى (قصببات هوائية) محددة مرتبطة بها . والأعضاء المكونة لخلايا الدم تكون كبيرة في الأعمار اليرقية الأولى والتي تتميز بانقسام

لاياها المتكررة وبمجرد وصول اليرقة إلى الطور الثالث فإنه يمكن تمييز جميع أنواع خلايا الدم فيها، حيث تكون املة التكتشف في هذا المصروء ولكن هذه الخلايا المتكشفة تمر خلال جيوب معينة في الكبسولة المحصورة على مضو وفي مرحلة الطور العنرى فإن هذه الأعضاء تتلاشى وتُفترز كميات كبيرة من الخلايا في دم الحشرة .

ولقد اكتشفت أعضاء مشابهة للأعضاء السابقة في يرقات الذبابة من جنس *Musca* ولكنها كانت بدون كبسولة ددة ، وعموماً فإنه يبدو كحقيقة واضحة أن الأعضاء المكونة لخلايا الدم تفرز خلاياها أثناء عملية التشكل في لشرات، بينما يكون ليس هناك خلايا إطلاقاً أو عدد قليل من خلايا الدم موجودة فعلاً في الدورة الدموية ، هذه لايلا الموجودة قبل تحلل الأعضاء المفرزة للخلايا الدموية ربما تكون وظيفتها المساعدة في عملية التحلل التي تحدث ، هذا الوقت . وفي حشرات جنس *Calliphora* نجد إستثناء لهذه القاعدة حيث أن الأنواع التابعة لهذا الجنس يتم راز خلايا الدم من الأعضاء المكونة لها في العمر اليرقي الثاني . والأعضاء المكونة لخلايا الدم لم يتعرف عليها أو لم تكتشف في الحشرات الكاملة .

٣-٩-٣ أعداد خلايا الدم

أعداد خلايا الدم الموجودة في الدم تتذبذب بدرجات كبيرة أثناء فترات قصيرة من الزمن، وذلك لأن عادة ست كل الخلايا حرة في الدورة فكثير من تلك الخلايا تلتصق على أسطح الأنسجة في تجويف الجسم ولكنها تظهر ، الدورة الدموية في أوقات معينة فقط . وعدد كرات الدم في وحدة الحجم الدم يتأثر كثيراً بالتغيرات في حجم دم ولكن هناك تغيرات ملحوظة في العدد الكلي لخلايا الدم معروفة الحدوث ، فيعض الحشرات مثل يرقات ذباب وحشرة الهاموش *Chironomus Plumosus* عادة لا يتكون فيها خلايا دم حرة تمر في فراغ الجسم، بينما في البعض آخر مثل الصراصير فإنها ربما يكون هناك في دمها عدة ملايين من خلايا الدم الحرة .

وعموماً فإن عدد خلايا الدم الحرة يزداد قبل عملية الانسلاخ، ثم يتناقص مرة ثانية بعد حدوث تلك العملية . في ذباب اللحم *Sarcophaga* فإن عدد خلايا الدم يزداد من ٨٠٠٠/م^٣ في اليرقة إلى ٤٣٠٠٠/م^٣ قبل عملية التعذير مباشرة، وذلك ربما بعد عملية تمرر الخلايا من الأعضاء الدموية ، وفي الفترات الأولى لتكون الطغراء يقل العدد إلى ١٢٠٠٠/م^٣ . وربما يرجع ذلك إلى أن عديداً من الخلايا يلتصق بالأعضاء الموجودة في مسارها (جونز ١٩٥٠) . هذه التغيرات في الأعداد يرجع أساسها إلى التغير في الخلايا المحيية *granular haemocytes* ، حيث إن عدداً قليلة جداً منها تكون موجودة في بداية العمر اليرقي الأخير .

وحدوث تغيرات تكشيفية في أنواع خلايا الدم عملية شائعة الحدوث .

ففي جنس *Stilix* تظهر خلايا الدم المحيية في بداية العمر اليرقي الأخير ثم تصل إلى قمة أعدادها ثم تنخفض مرة ثانية بل التعذير (سليمان ١٩٦٢) وقد وجد أن الخلايا غير المتحركة في جنس *Prodenia* والخلايا النيئية في جنس *Sarco phag* تسلك مسلكاً مشابهاً للخلايا المحيية (ياجير سنة ١٩٥٤ ، نيل سنة ١٩٤٧ على التوالي) . وفي جنس *Prod eni* فإن نوع خلايا الدم الباسايد في العدد يختلف باختلاف العمر في الحشرة . وفي الحشرات كاملة التطور نموماً فإن أعداداً كبيرة من خلايا الدم يتم تكسيراها أثناء التعذير ثم بعد ذلك يتم تكوين خلايا جديدة بدلاً منها في لطور البالغ عن طريق انقسام الخلايا الأولية *Prohaemocytes* .

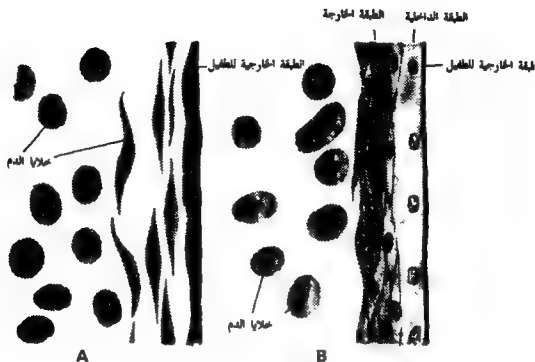
٣٠-١-٤ عملية الإبتلاع

إن الوظيفة الأساسية لخلايا الدم هي عملية الإبتلاع للأشياء الغريبة والكائنات الدقيقة وبقايا الأنسجة . وهناك العديد من أنواع خلايا الدم لها القدرة على إحداث عملية الإبتلاع، ولكنه ربما تكون الخلايا من النوع البلازمية *plasmacytes* هي الأكثر أهمية في هذا المجال ، وحقن الكائنات الدقيقة في الحشرات بسبب زيادة أعداد خلايا الدم الحرة في بعض الأحيان وهذه العملية تؤدي إلى تكوين درجة معينة من المناعة غير المتخصصة في الحشرة المحقونة . وفي العوائل الطبيعية فإن عملية الإبتلاع لكل من الحيوانات الأولية والفطر المرض لاتهم بنجاح، ولكن هذه الكائنات نادرا ماتقاوم في العوائل غير العادية . ورد الفعل تجاه البكتريا يعتمد على حالة كل من الطفل والمائل فوجود أى عامل معاكس للحشرة يؤدي إلى نجاح الطفل في إصابته للعائل وربما يبدو وعموما أن السائل البلازمية له أهمية تفوق خلايا الدم في مقاومة البكتريا .

وزيادة أعداد خلايا الدم الإبتلاعية أثناء عملية التشكل ربما تكون مرتبطة بعملية الإبتلاع لنواتج هدم الأنسجة ولكن هذا ليس هو دائما حقيقة أو قاعدة، حيث نجد أن في جنس الـ *Rhodnius* على سبيل المثال، فإن عملية الإبتلاع لاتحدث في هذا الوقت . والمواد المبتلعة ربما يتم هضمها في الخلية أو يتم تكوين حويصلة من خلايا الدم الإبتلاعية حول الخلية المبتلعة . وفي بعض الحشرات كفإن خلايا الدم الإبتلاعية تتجمع مع بعضها لتكون عضو إبتلاعي واضح ومحدد .

٣٠-١-٥ الموصول أو الكبسولة

يحدث لها ما يسمى بالكبسولة للأشياء الكبيرة في الحجم مثل الطفيليات متعددة الخلايا والتي تكون أكبر من أن تتبع ، حيث تتجمع خلايا الدم حول الطفل وتصبح مبطننة، ثم تلتصق هذه الخلايا بصورة أكبر مع سطح الجسم الخارجي للطفل، وبهذا تكون حوصلة لينة، ثم تبدأ في التماسك وتقوى، كما في شكل ٣٠ - ٢ (سالت ١٩٦٣) . وبعد عدة ساعات أو عدة أيام اعتياداً على نوع العائل فإن الحوصلة تتكشف إلى طبقتين واضحتين ، الطبقة الخارجية تتكون من خلايا نصف شفافة مبطننة، والتي مازالت محتفظة بعفريها على الرجوع إلى الدم والعديد من هذه الخلايا تترك الحوصلة وذلك عندما يصبح حجمها أصغر . وعلى سبيل المثال فإن الحوصلة المتكونة حول طفيل الـ *Nemeritis* بواسطة يرقات الـ *Diatraea* يصغر حجمها إلى العشر ، مما يجعل كميات كبيرة من الخلايا الإبتلاعية تترك سطح الكبسولة بمرور الوقت مؤدية بذلك إلى تغير شكل الكبسولة . والطبقة الداخلية تكون أكثر شفافية وتتكرر جدر الخلايا بحيث تتكون طبقة مستمرة ومتجانسة من السيتوبلازم مع وجود أنوية على مسافات داخل هذه الطبقة ، وبناء عليه فإن هذا الجزء من الحويصلة يتحول إلى نسيج ضام غير حي، وذلك إما من الخلايا نفسها أو من إفرازاتها ، وفي النهاية يكون هذا النسيج هو كل ما يتبقى من الحويصلة وعادة ما يتبقى هذا النسيج داخل الحشرة بقية عمرها إما حرا داخل تجويف الجسم أو ملتصقا بالأنسجة ، وقد يحدث رد فعل طفيف لهذا النسيج، وذلك في حالة ما إذا كان العائل مريضاً أو صغير السن فقط .



(شكل ٣٠ - ٣١) خلايا الدم مجمعة خارج الطفل .

وعملية التحوصل تحدث عادة إذا كان الطفل موجوداً في عائل غير طبيعي بالنسبة له وعلى العموم فإن الطفل يوت نتيجة لنقص الأكسجين . وبعض الطفيليات النابتة لرتبة غشائية الأجنحة تكون لها القدرة على مقاومة عملية تحوصل، وذلك عن طريق عمل بعض الحركات العنيفة كما أن يرقات التاكنيا الكبيرة في العمر يكون لها أنبوبة تنفسية وهذه الأنبوبة تكون مرتبطة بالجهاز التنفسي للعائل وعلى ذلك فإن عملية التحوصل لا تعوق تنفس هذه طفيليات . وبعض الطفيليات مثل الميتاسركاريا المتكيسة لا تتأثر بعملية التحوصل، وذلك فيما يبدو يكون سببه قلة احتياجاتها للأكسجين . وغالبية الطفيليات غشائية الأجنحة لا يحدث تحوصل لها في عوائلها الطبيعية وقد أشار Salt, 1961 إلى أن رد فعل خلايا الدم للأشياء الغريبة يكون مرتبطاً بخواص أسعاج تلك الأشياء ، وفي حالة طفيل الـ Nemeritis يقوم الطفيل بإفراز مادة معينة على سطح البيض مما يفر من خواصها وعلى ذلك فإن خلايا الدم لحشرة الـ Ephemera وهي العائل الطبيعي لهذا الطفيل لا تكون نشطة تجاه هذا البيض وبالتالي لا تتكون الحوصلة .

٣٣-١-٢ الإفراز والاصول

ربما تكون لخلايا الدم علاقة بتكوين الأنسجة الضامة . وقد بين العالم وينجلز وورث سنة ١٩٥٦ أن هذه الخلايا تكون مهمة في تكوين الغشاء القاعدي الطبيعي Basment nembrane في بقعة الرودنيس Rhodnius ، فعند نمو الخلايا الطلائية أثناء الانسلاخ فإن خلايا الدم تنتشر تحت البشرة ، وخلايا الدم هذه تحتوي على سكريات عديدة من النوع المعقد العديدة التسكر mucopolysaccharide وهذه السكريات المتعددة تفرز لتكون الأغشية بين خلايا الدم

نفسها ربما تتكسر . بعض خلايا الدم المشابهة ربما تكون أغلفة حول الألياف العضلية وتغرس هذه الخلايا نفسها بين الألياف مكونة شبه غلاف حول الخلية قبل إطلاق إفرازاتها . وقد ناقش العالم جونز سنة ١٩٥٦ مسألة إفرازات خلايا الدم هذه .

وهناك أدلة على أن في بعض الحشرات يكون لخلايا الدم بها علاقة تنشيط الغدة الصدرية الأمامية *Portothoracic gland* قبل الانسلاخ ، ففى بقعة *Rhodnius* وجد أنه في حالة شل حركة خلايا الدم من النوع *phago cytes* تجريبيا وذلك قبل الوقت المخرج للانسلاخ فإن غدة الصدر الأمامي تصبح غير منشطة نشاطا كاملا لإفراز هرمون الانسلاخ، مما يتسبب عنه تأخير عملية الانسلاخ ، وعادة فإن هذا النوع من خلايا الدم يكون مرتبطا بغدة الصدر الأمامي أثناء الوقت المخرج للانسلاخ، ويزداد حجمه وتتكون بها فتحات مما يحمل على الاعتقاد بأنها تفرز بعض المواد الضرورية لتنشيط هذه الغدة ، وخلايا الدم ذات الفتحات هذه قد وجدت أيضا في غدة الـ *Corpora cardiaca* لحشرة الـ *Mimas* في أثناء إنتاج الإفرازات العصبية (هيجهانان سنة ١٩٥٨) .

وربما كان لبعض خلايا الدم علاقة بتكوين الجسم الدهني، وكذلك متى تكون مرتبطة بعمليات الأيض الوسطية ، وذلك يحدث في خلايا الدم من النوع الكري *Spherule cells* في ذبابة اللحم *Sarcophaga* حيث تكون هذه الخلايا موجودة بكثرة قبل عملية التخدير مباشرة ، وهذه الخلايا تحتوي على إنزيم التيروزيناز وهذا الإنزيم له أهمية كبيرة في تصلب جلبد الرقة وإعطائه اللون الغامق ليتكون جلد العذراء ، وقبل عملية الانسلاخ فإن مستوى إنزيم التيروزيناز يزداد بسرعة في خلايا الدم تلك التي تتجمع أسفل خلايا البشرة وكذلك حول القصبات الهوائية ثم بعد ذلك تتكسر تلك الخلايا مفرزة الإنزيم في البلازما ، والإنزيم المفرز لا يتفاعل مع التيروزين الموجود في الحالة، وذلك ربما يرجع فيما يبدو إلى القوة الاختزالية الضعيفة لنسيج الهيموليف ، وفي أثناء وقت التخدير تزداد قوة الهيموليف الاختزالية زيادة كبيرة وفجائية ، وعلى العموم فإن العالم جونز ١٩٦٢ قد بين أن خلايا الدم من النوع الكري *Spherule* ليست أساسية لعملية تصلب والاسوداد في جلد العذراء .

وبما كان لبعض خلايا الدم ارتباط ببعض المظاهر الأخرى المتصلة بعمليات الأيض الوسطية والتي لم تعرف حتى الآن ، كما أن لها وظيفة أخرى وهي توصيل المواد الغذائية إلى أجزاء الجسم المختلفة ، فالجليكوجون يكون مستواه عاليا في خلايا دم برقات حشرة الـ *Prodinta* ولكنه يقل أثناء عملية التشكل عندما يتم استهلاكه ، كما أن اختناكات الدهنية تكون موجودة في الخلايا عندما تتغذى الحشرة على غذاء يحتوي على الدهون .

وفي بعض الحالات فإن خلايا الدم نفسها تتكسر، وذلك لكي تمد بعض الأنسجة الأخرى بالمواد الغذائية. وقد أثبت ذلك العالم جونز ١٩٥٦ حيث وجد أن خلايا الدم المحبة في ذبابة اللحم تختفى من الدم أثناء الطور العذري ، وفي حشرات الـ *Ephesia* تلصق خلايا الدم بكميات كبيرة في أغشية الأجنحة أثناء نموها. وقد وجد أن محتويات هذه الخلايا تمر إلى خلايا البشرة لكي تمدها بالغذاء .

التئام الجروح والتجلط *Wound healing and Coagulation* : تساهم خلايا الدم في التئام الجروح ، فالأنسجة التي تعرضت للضرر يتم التئامها ، وخلايا الدم من النوع بلازما توسيت يخرج منها امتدادات، حيث تلتقي بالامتدادات الخارجة من الخلايا الأخرى لتكون شبكة خلوية ، وقد يتجلط السائل البلازما في هذه الشبكة، مما يعمل على انسداد موضع الجرح حتى يتم تجديد خلايا الإيديمس .

يكون أكثر تأثراً من النوع الأول ، وفي بعض الحشرات التابعة لرتبتي غمدية الأجنحة وغشائية الأجنحة فإن عملية التجلط تكون عبارة عن مزيج من هذين النوعين السابقين من أنواع التجلط .

وليس من المعروف ما إذا كانت خلايا الدم الزجاجية والتي تنتج هذين النوعين المختلفين من التجلط تنتمي إلى مجموعة واحدة أم لا . والاختلاف في ميكانيكية التخثر ربما يرجع إلى إفراز كميات كبيرة أو صغيرة من المواد التي تحدث الجلطة أو أنه ربما يعكس الاختلافات في مكونات البلازما المتخثرة ومن الشائع أن خلايا الدم من نوع سيستوسيت تكون حوالى ٥٠% من خلايا الدم ولكن أعدادها تختلف وهذا الاختلاف عموماً يعكس مدى استعداد البلازما في تكوين الخثرة ، وعلى أى حال فإن هذه الخلايا موجودة في عديد من الحشرات التابعة لرتبة مختلفة الأجنحة *Heteroptera* والأفراد البالغة من رتبة ثنائية الأجنحة والتي ليست لها القدرة على إحداث التجلط .

٣٠ - ٢ الأنسجة الضامة Connective tissues

لاحتوى الحشرات على نسيج ضام خلوى بالمقارنة بالفقاريات، ولكن بالرغم من ذلك فإن الأنسجة الضامة تكون موجودة، حيث ترتبط مع بعضها وتعمل على تعلق الأنسجة الأخرى في تجويف الجسم ، فالجهاز القصى يلعب دوراً مهماً في ارتباط الأجهزة (مثل المبيض مثلاً) مع بعضها ، ولكن بالإضافة إلى ذلك فإن معظم الأعضاء في تجويف الدم تكون مرتبطة بواسطة غشاء غير خلوى عادة ، ومعظم هذه الأغشية تكون رقيقة ولكن في بعض المناطق الخاصة، فإنها تكون نامية بصورة أكثر قوة ، وهذا يحدث خاصة في الصفائح العصبية (أنظر شكل ٢٣ - ٨) وفي الحشرات البالغة من حرشية الأجنحة فإن هذا النسيج غير الخلوى يكون أكثر تغطلاً من الناحية الظهريه ويعمل على ربط عضلات الحجاب الحاجز السفلى (شكل ٢٩ - ١) .

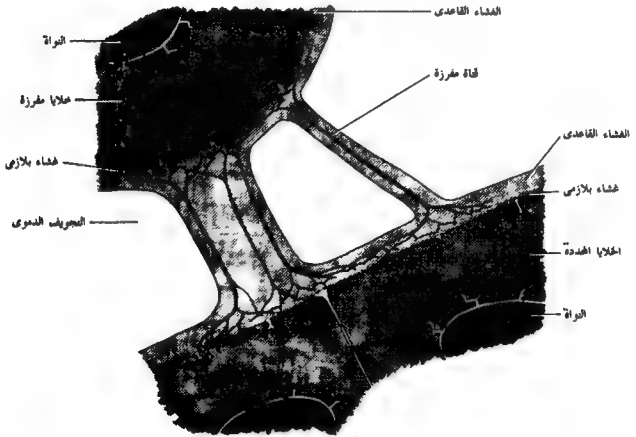
والنسيج الضام الذى يربط أعضاء مختلفة يكون عادة متصلاً ، فعلى سبيل المثال فإن الغشاء القاعدى لخلايا البشرة يكون متصلاً بالغشاء الذى يغلّف العضلات وهذا الغشاء يكون متصلاً بالغشاء الذى يغلّف العصب حيناً تكون العضلات متصلة بالأعصاب .

وفي حالات عديدة فإن النسيج الضام يكون عبارة عن إفرازات للخلايا التحتية ، وهذا يحدث على سبيل المثال في الغشاء المخلف للأعصاب، ولكن في بعض الحالات فإن خلايا الدم من النوع (خلايا دموية بلازمية) تفرز سكرأ عديداً من النوع العديد السكر لتضاف إلى مادة الغشاء ، وقد لوحظ حدوث ذلك في الغشاء القاعدى لخلايا البشرة وأغشية غلاف العضلات التي تغلف العضلات النامية . والأهمية النسبية لخلايا الدم والخلايا الموجودة أسفل الأنسجة في هذه الناحية غير معروفة .

وتكون السكريات المقعدة عديدة السكر المتعادلة الجزء الأكبر للنسيج الضام وفي بعض الأحيان فإن ألياف من مادة تشبه الكولاجين تدخل في تركيب هذه الأنسجة ، ويحدث ذلك في الأغشية المخلفة للأعصاب، كما في النسيج الضام للعقدة العصبية السمية للجراد وفي بعض الأحيان كما في الغشاء القاعدى لأنابيب مليجي ، كما أن الليبيدات تكون موجودة في هذه الأنسجة في الحشرات التابعة لرتبة حرشية الأجنحة .

وتتكسر أغشيته الأنسجة الضامة في العدرء وفي العشاء الصام المغلف للجهاز المصلى لدود الشمع على الأقل فإن خلايا الدم تساعد على إتمام هذه العملية . وأغشية الأنسجة الضامة في الحشرات الكاملة لا يتم تكوينها إلا بعد تكون الأنسجة التي تبطنها (الأنسجة التي أسفلها) . وهذه الأغشية تكون غائية تماماً من الأنسجة التي يحدث فيها إنقسامات .

ووظيفة الأنسجة الضامة الأساسية هي تدعيم وربط الأنسجة ببعضها والطبيعة المطاطية للنسيج الضام الذي يغلف المبيض *tunica propria* يساعد في عملية التبويض بينا في يرقات ثائية الأجنحة فإن أغشية الأنسجة الضامة تكون وظيفتها توصيل الإفرازات من مكان إنتاجها إلى الأعضاء تؤثر فيها ، فعل سبيل المثال فخلايا غشاء حول القلب في يرقات ذباب اللحم تكون مرتبطة بالقلب بواسطة جدائل أو خيوط من الأنسجة الضامة وتغر قنوات دقيقة خلال هذه الأحبال وتنشأ هذه القنوات نتيجة لتجمع قنوات دقيقة في العشاء المحدد لخلايا حول القلب ثم تمر إلى جدار القلب (شكل ٣٠ - ٤) . ومن المفترض أن المواد التي تتحكم في ضربات القلب يتم توصيلها عن طريق هذه القنوات .



شكل (٣٠ - ٤) رسم توضيحي بين القنوات في الأنسجة الضامة تجري من الخلايا المفردة إلى الخلايا المفردة .

وهناك قنوات مشابهة توصل ما بين الغدة الحلقية والقلب، مما أدى إلى الاعتقاد بأن إفرازات هذه الغدة يتم توصيلها إلى القلب، والذي يعمل على توزيعها إلى جسم الحشرة كله عن طريق الدم بكفاءة عالية . والقنوات تكون متواجدة في بعض الأغشية الأخرى، ولكنها تكون غير موجودة في أغلبها . وهذه القنوات تكون موجودة بوضوح فقط عند وجود الخلايا المفرزة ، وهذا النظام يسهل النقل السريع والمنتظم للإفرازات للأعضاء التي تتأثر بها . ويعتقد أن أغشية الأنسجة الضامة ربما كانت حواجز حول الأنسجة، مما يمنع الدخول الحر للمواد الموجودة في الدم ولكن عند مقارنة هذه الأغشية بالأغشية المخلفة للخلايا العصبية، فإننا نجد أن الأخيرة لا يكون لها أى مقاومة لانتشار المواد .

الفصل الواحد والثلاثون

الغدد الصماء والهرمونات

THE ENDOCRINE ORGANS AND HORMONES

تنتج الغدد الصماء هرمونات تنتقل عادة عن طريق الدم إلى الأعضاء المختلفة للجسم مؤدية إلى تنظيم نشاط الأعضاء المختلفة على المدى الطويل ولذا فإن نظام الغدد الصماء يعبر مكملا لعمل الجهاز العصبي .

والغدد الصماء نوعان : أولاهما : الخلايا العصبية المفرزة في الجهاز العصبي المركزي والثانية الغدد الصماء المتخصصة . والخلايا العصبية المفرزة والتي ربما تكون عبارة عن خلايا عصبية محركة ولكون ارتباط بين نظام الغدد الصماء والجهاز العصبي . وكلا النوعين السابقين ينتج هرمونات تنطلق بطريقة مباشرة أو غير مباشرة من أعضاء يتم تخزينها فيها إلى الدم ، وفي بعض الحالات الأخرى تنتقل الهرمونات المنتجة من الخلايا العصبية المفرزة إلى العضو المؤثر فيه عن طريق المحور العصبي للخلية المفرزة للهرمون ، والتنبيه العصبي يؤدي عموما إلى انطلاق الهرمونات ، وفي بعض الحالات فإنه من المؤكد تماما أن الهرمونات تؤثر مباشرة في أنوية خلايا العضو المؤثر فيه ، لذا تحدث تغيرات مباشرة مناسبة لهذا التأثير ، ولكن في بعض الحالات يكون تأثير الهرمونات غير مباشرة .

والهرمونات في الحشرات كثيرة وعظيمة التأثير لدرجة أن الهرمونات التي تفرز من عضو واحد يمكن أن يكون لها تأثيرات مختلفة ، وتؤثر الهرمونات على عمليات الانسلاخ والتطور وتكوين البيض والتفريخ في اللون وتنظيم النشاط اليومي للحشرة .

٣١-١ الغدد الصماء Endocrine organs

توجد أعضاء الغدد الصماء في الحشرات على صورتين، هما :

الخلايا العصبية المفرزة الموجودة في الجهاز العصبي المركزي وغدد صماء خاصة ، مثل غدة الكوربورا Corpora allata والكوربورا كاردياكا Corpora Cardiacs وغدة الصدر الأمامي Prothoracic glands .

توجد الخلايا المفرزة العصبية المفرزة في العقد العصبية للجهاز العصبي المركزي. وهذه الخلايا تشبه الخلايا العصبية ذات المحور العصبي، غير أنها تتميز بقدرتها الإفرازية، وهذه الإفرازات تكون حبيبية وتصيب بصفات خاصة وتحرك من جسم الخلية خلال أعمق المحور العصبي. وهناك عدة أنماط من هذه الخلايا (أ، ب، ج) ويمكن تمييزها عن بعضها بواسطة استجابة كل منها لصبغة معينة ولكن في تقسيم كثير من العلماء لهذه الأنواع يكون هناك بداخل بين هذه الأنواع أو ربما تكون هذه التداخلات نتيجة لحدوث مراحل إفرازها مختلفة للخلية الواحدة، ومن المحتمل أن تكون هذه الحبيبات عبارة عن حامل للهرمون فقط، والتي يمكن أن تكون بروتينا وزنه الجزيئي كبير مرتبطا بجزيء الهرمون الصغرى في الحجم. وعند انطلاق الهرمون في صورته النهائية فإنه ينفصل عن حامله ليدخل الدم، وقد افترض أن وجود تلك الحبيبات في حالة يمكن رؤيتها في حالة ارتباطها مع الهرمون فقط. وكمية تلك الحبيبات في الخلية المفرزة يكون نتيجة للتوازن بين سرعة إنتاجها وسرعة انتشارها. ويحضر بعض الباحثين أن الخلية المملوءة بتلك المواد الحبيبية تكون في حالة إفراز نشط للهرمون بينما يعتبرها البعض الآخر أنها في حالة غير نشطة (في حالة تجميع أو حالة تخزين للهرمون) ومن المحتمل أن تكون كلتا وجهتي النظر صحيحة تحت ظروف مختلفة.

ويكون نشاط الخلايا العصبية المفرزة على إحدى الصورتين الآتيتين، فإما أن تفرز تلك الخلايا هرمون يؤثر مباشرة على العضو بوضوح التأثير أو أنها تؤثر على غدد صماء أخرى، وبالتالي تُحفّز لإفراز الهرمون وفي حالة الأخيرة فإن الخلايا العصبية المفرزة تعمل كوسيط بين الجهاز العصبي والغدد الصماء وهناك عدد كبير من الخلايا المفرزة موجودة في الجهاز العصبي، ولكن من المحتمل أنها لا تنتج كلها هرمونات.

الخلايا العصبية المفرزة في المخ Neurosecretory Cells of the brain توجد مجموعتان من الخلايا العصبية المفرزة على كل جانب من جانبي المخ وهذه المجموعتين تكون في الجواجز بين النخية Pars intercerebralis قرب الخط الوسطى والمحاور العصبية لتلك الخلايا وتمتد إلى الخلف خلال المخ وبعض تلك المحاور أو كلها تعبر فوق مجموعة المحاور الأخرى القادمة من الجانب الآخر حتى تصل إلى الجانب المعاكس لمنشأها. وتخرج في النهاية من المخ مكونة عصبين يصلان إلى غدة الكوربوس كلارديا ومعظم الألياف تنتهي في هذه الغدة ولكن بعضها يمتد إلى الكوربوس الامم، وفي الجراد تمتد تلك الألياف بعد ذلك إلى القناة المضمية الأمامية ثم إلى العقدة العصبية تحت المرىء (شكل ٣١ - ١). وفي معظم الحشرات عديمة الأجنحة تكون الخلايا العصبية المفرزة الوسطية موجودة داخل كبسولة منفصلة في النسيج الضام ويعرف باسم العضو الأمامي الجانبي على السطح الظهري للمخ، ولكن في فصيلة Machilidae فإن تلك الخلايا تكون أمامية كما في الحشرات ذات الأجنحة.

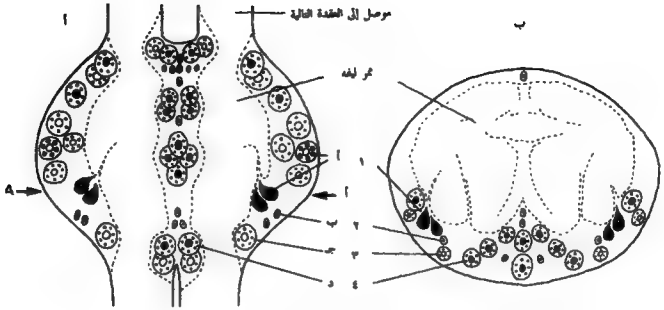
ومجموعة الثانية من الخلايا يختلف مكان وجودها، فأحيانا توجد في وضع قريب من غدة الكوربوسا يديونيكولانم Corpora Peden Cutula وأحيانا أخرى تكون موجودة بين الغدة السابقة والعضو البصري Optical lobes وفي بعض الحشرات التابعة لرتبتي ثنائية الأجنحة وغشائية الأجنحة فإن خلايا تلك المجموعة تكون مشابهة لخلايا المجموعة الأولى الموجودة في مقدمة المخ في موضع الجواجز بين النخية Pars intercerebralis ويخرج من خلايا

المجموعة الثانية هذه عصب ثاني يمر خلال المخ إلى غدة الكوريس كاردياكموفي الجراد فإن بعض الألياف تمتد من هذا العصب أيضا إلى غدة الكوريس الأمامي .

وإفرازات الخلايا العصبية المفرزة الموجودة في المخ تمر خلال محاور الخلايا العصبية إلى غدة الكوريبورا كاردياكا أو غدة الكوريبورا الأمامي ، حيث يتم تخزينها في تلك الغدة أو تنطلق منها مرة ثانية ، وقد اقترح بعض الباحثين أن تلك الإفرازات عبارة عن المواد الأولية التي ينتج منها الهرمونات من مختلف الأعضاء ، إفرازات الخلايا العصبية المفرزة الموجودة في مقدم المخ تفرز أو تساعد غدة الصدر الأمامي في تأدية وظائفها كما أنها تحت أو تنبه تخليق البروتين بالإضافة إلى التحكم في فقد الماء وغزو البويضات ونشاط الحشرة . ليس من المعروف ما إذا كانت التأثيرات المختلفة السابقة تحدث نتيجة هرمون واحد ، أو أنه توجد عدة هرمونات منفصلة ، ولكن وجود عدة أنماط مختلفة من الخلايا العصبية المفرزة يعضد فكرة وجود أنواع مختلفة من الإفرازات لتلك الخلايا .



(شكل ٢٩-١) شكل توضيحي بين العلاقة بين الغدة الصماء الرئيسية



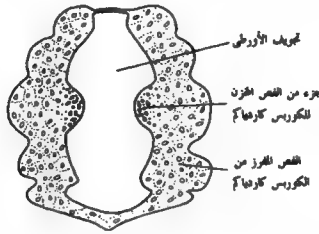
(شكل ٣٩-٤٠) خلايا أ خلايا ب خلايا ج خلايا د

الخلايا العصبية المفرزة الموجودة في العقد الأخرى Neurosecretory Cells of other ganglia: توجد أعداد كبيرة من الخلايا العصبية المفرزة في العقد العصبية البطنية للحبل العصبي، ففي دودة الحرير توجد خلايا مفرزة في العقد العصبية أكثر من تلك الموجودة في المخولكن في الجراد يحدث العكس وهناك أنواع مختلفة من تلك الخلايا تنتشر في العقد العصبية المختلفة (شكل ٣٩-٤٠) ولكن في بعض الأنواع تكون وجودها مقتصر على عقد عصبية خاصة.. وإفرازات تلك الخلايا يمكن أن تمر عبر العصب الذي يربط العقد العصبية في أي اتجاه كما أنها يمكن أن تمر عبر العصب الذي يربط بين العقد العصبية في الأعصاب الطرفية أيضاً. ومن المفترض أن الإفرازات المنتجة يتم إطلاقها في الدم بهذه الطريقة أو أنها في بعض الأحيان يتم حملها مباشرة إلى العضو الذي سوف تؤثر فيه ووظيفة تلك الخلايا غير معروفة على وجه المصوم، ولكن في بعض الحالات تكون لها علاقة بنشاط الحشرة وفي بعض الحالات الأخرى تكون مرتبطة بتنظيم الماء.

٣٩-١-٢ غدة الكوربورا كاردريكا

هي عبارة عن زوج من الأعضاء أو فصوص يكونان مرتبطين بالأورطي، مكونين جزءاً من جذرها (شكل ٣٩-١، ٣٩-٣) وفي الأنواع الزاكية التابعة لرتبتي حرشفة الأجنحة وغمدية الأجنحة وكذلك بعض الأنواع التابعة لتناحية الجناحين، فإنها تكون منفصلة عن الأورطي. وهذه الغدة ليست موجودة في الحشرات ذات الذنب القافز *Collembola*. وكل عضو أو فص من فصوص تلك الغدة يحتوي على نهايات المحاور العصبية للخلايا العصبية المفرزة الموجودة كما أن بعض المحاور العصبية الأخرى تمر خلالها إلى غدة الكوربورا الأمامية، بالإضافة إلى

ذلك فإن بعض الخلايا الغروية *glial Cells* ذات السيتوبلازم الرائق الذي يوجد به فجوات والخلايا العصبية التي تكون جزءاً من الجهاز الحشوي وخلايا مغرزة حقيقية لها امتدادات سيتوبلازمية طويلة تمتد في اتجاه حافة أو طرف الغدة ، وهذه الامتدادات قد تكون وظيفتها إطلاق إفرازات الغدة إلى الدم (شكل ٣١ - ٣) .



(شكل ٣١ - ٣) قطاع عرضي لعنبر الجزء الأمامي لغدة الكوريس كاردياكم للجراد الصحراوي (هيمان ١٩٦١) .

وغدة الكوريس كاردياكم تخزن وتطلق الهرمونات المنتجة بواسطة الخلايا العصبية المغرزة الموجودة في المخ والتي تكون مرتبطة معها بزوج واحد أو زوجين من الأعصاب ، وبالإضافة إلى ذلك فإن الخلايا المغرزة الحقيقية تفرز هرمونات تكون مسؤولة عن تنظيم ضربات القلب ولها تأثيرات فسيولوجية أخرى . وفي بعض الأحيان فإن الخلايا المسؤولة عن التخزين والخلايا المغرزة الموجودة داخل الغدة تكون متداخلة مع بعضها ولكن في الجراد فإن هناك جزء من الغدة يكون مسؤولاً عن الإفراز وجزء آخر تكون وظيفته التخزين .

٣١-٣-١ غدة الكوريسو الأم

هي عبارة عن أجسام غدية وعادة ماتكون عبارة عن غدتين واحدة على كل جانب من جانبي المريء (شكل ٤٧٤) وفي الأنواع الراقية من ثنائية الأجنحة فإن هاتين الغدتين ترتبطان مع بعضهما وتكونان غدة واحدة وسطية ، وكل غدة من هاتين الغدتين تكون متصلة بغدة الكوريسو كاردياكم الموجودة على نفس الجانب الموجودة فيه تلك الغدة بواسطة المصب القادم من الخلايا العصبية المغرزة الموجودة في المخ ، وبالإضافة إلى ذلك فإنه يوجد عصب دقيق يوصل بين الكوريسو كاردياكم والعقدة العصبية تحت مريئية ، وهذا العصب يكون عصباً رئيسياً في الحشرات التابعة لرتبة ذباب مايو *Ephemeroptera* حيث إن العصب القادم من الكوريسو كاردياكم غير موجود في تلك الحشرات ، وفي حشرات السمك الفضي *Thysanura* فإن غدة الكوريسو كاردياكم تكون موجودة في قواعد الفكوك وبالإضافة إلى ذلك فالعصب الدقيق الذي يربطها مباشرة بالعقدة العصبية تحت مريئية فإن الغدة تكون مرتبطة بواسطة أعصاب غير مباشرة بتلك العقدة عن طريق أعصاب تمر من قواعد الفكوك العليا والسفلى إلى العقدة العصبية الموجودة تحت المريء .

والى السمك الفضي *Thynnus* وفازمى *Phasmides* فإن الغدة تكون عبارة عن كرة من الخلايا الغدية مجوفة من الداخل وفى بعض الحشرات الأخرى قد تكون عبارة عن عضو صلب ذى خلايا غدية ومفرزة وغالباً ماتوجد فجوات بين الخلايا . والخلايا المفرزة فى الغدة الغر نشطة لحشرة الـ *Leucophaea* تكون نجمة الشكل ولها امتدادات على الناحية اليمنى تمتد إلى الخارج ولكن فى الغدة النشطة فإن الغشاء المخلى يميل أن تكون حافته الخارجية مستوية . وغدة الكوربورا ألأمم يكون لها دورات إفرازية مع ملاحظة أن حجم الغدة يكون مرتبط بهذه الدورة الإفرازية ، وعندما يزداد حجمها فإن الأنقسام النووى يزداد بهولكن فى هذه الحالة فإن النسبة بين حجم الأنوية إلى حجم السيتوبلازم تتناقص ، وعندما يقل حجم الغدة فإن غدة الأنوية يقل وبالتالى فإن النسبة بين الحجم النووى والحجم السيتوبلازمى تزداد . وليس من المعروف ما إذا كانت كل خلية تحتجز دورة واحدة من النشاط الإفرازى قبل أن تتحطم وتتلاشى تلك الخلية أم أنها تمر بأكثر من دورة ولكن من المعروف أن تلك الخلايا تعيش لفترة قصيرة .

والكوريس ألأمم تنتج هرمون الشباب الذى ينظم التشكل فى الحشرات وتكوين الملح فى البيض وهذا الهرمون أو هرمونات أخرى لها العديد من الوظائف الأخرى .

٣٩-٩-٤ غدة الصدر الأمامى

غدة الصدر الأمامى أو غدة الصدر عبارة عن زوج من الغدد المنتشرة فى خلف الرأس أو الصدر (شكل ٣٩-١) ولكن فى الحشرات التابعة لرتبة السمك الفضى *Thynnus* فتكون موجودة فى قاعدة الشفة السفلى وكل غدة غنية أو مخلفة بقصبات هوائية كثيرة وغالباً تكون مخلفة أيضاً بأعصاب ولكن هذه القصبات الهوائية والأعصاب تكون غالباً فى بعض حشرات غمدية الأجنحة ومختلفة الأجنحة *Heteroptera* وهذه الغدد تظهر دورات من النمو مرتبطة بالإفراز ، وفى أثناء فترة عدم النشاط تكون أنويتها صغيرة وببضوية الشكل ولكن فى الغدد النشطة فإن الأنوية تكون كبيرة الحجم وذات فصوص وتكون الخلية مشحونة على سيتوبلازم قابل للصيغ بعنى ، وكذلك يزداد عدد الأجسام السحبية (الميتاكوندريا) حول النواة والشبكة الأندوبلازمية تصبح أوسع . وفى النهاية ، فإنه يتم تخليق الحامض النووى الريبوزى *mRNA* بعد ذلك فإن الـ *RNA* يمر إلى السيتوبلازم حيث يتم تخليق البروتين ، ومن المفترض أن هذا يتمعكس على تخليق الإنزيمات المسعولة عن تخليق هرمون الإنسلاخ . وعند قرب نهاية الدورة فإن الأنوية يصبح حجمها صغيراً مرة ثانية .

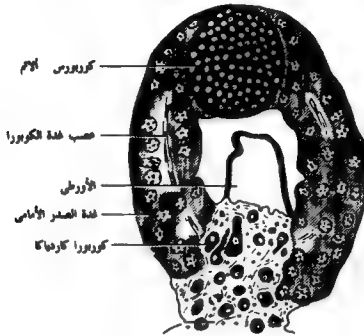
وتفرز غدة الصدر الأمامى هرمون الإنسلاخ (*ecdysone*) وبامتشاء الحشرات التابعة لرتبة السمك الفضى *Thynnus* والتي تتسلخ أثناء الطور الكامل وكذلك الجراد الانفرادى فإن هذه الغدة تتلاشى بعد آخر انسلاخ للحشرة وتكوين الطور الكامل .

٣٩-٩-٥ الغدة الخلفية

فى يرقات الـ *Cyclocephalus* من شاتلة الأجنحة، فإن الغدة الخلفية تكون مغطاة للأورطى فوق الملح مباشرة (شكل ٣٩-٤) وهى تتكون من غدة الكوربورا ألأمم وغدة الكوريس كلدها كم وغدة الصدر الأمامى حيث

يكونون ملتصقين مع بعضهم على الرغم من أنه يمكن تحديد كل عضو منهم . والغدة الحلقية تكون متصلة بالمخ بواسطة زوج من الأعصاب كما أنها تكون متصلة أيضاً بالصب الجارى *Current nerve* .

وفي يرقات النيماتوسيرا *Nematocera* فإن تلك الغدة تكون منفصلة تماماً ولكن في يرقات براكيوسيرا *Brachyera* فإنها تكون قريبة الشبه بالنوع الأول على الرغم من أن غدة الكوريس الآتم تميل إلى أن تكون منفصلة كقص وسطى مفرد .



(شكل ٣٩ - ٤) الغدة الحلقية

٣٩-١-٦ نضج الخلايا البيضاء

في معظم الحشرات تقوم غدة الكوريس الآتم بدور هام في التحكم في نمو الخلايا البيضاء وتطورها وعموماً فإن غدة الكوريس الآتم تنشط بواسطة إفراز من الخلايا العصبية للإفريزة الوسطية في المخ ويؤدي الهرمون المفرز دوراً في ترسيب المخ في الخلايا البيضاء . وتقوم التنبهات المختلفة والتي تعمل عن طريق الجهاز العصبي بالتحكم في إفراز الخلايا العصبية الوسطية في المخ فإن غدة الكوريس الآتم لا تصبح نشطة إلا في حالات معينة مثل تأخير طول اليوم ودرجة الحرارة وحالة التغذية في الحشرة . وفي الجراد فإنه خلايا المخ المفرزة لا تنشط إلا بواسطة التزاوج أو فرمونات الذكور أو عن طريق النشاط الاضطرابي . وفي حشرة الأيديس *Aedes* من رتبة ثنائية الأجنحة فإن إتساع المي نتيجة للتغذية يكون السبب في عملية التنبه وأحياناً يكون نشاط غدة الكوريس الآتم مسيطراً عليه (ميكوت) ففي الحشرات الولودة من الصراصير يكون نشاط الغدة مسيطراً عليه عن طريق الأعصاب المتصلة بالغدة - ولذا فإنه عند قطع هذه الأعصاب يكون ذلك كافياً لحث الإفراز الهرموني . ويكون الهرمون المفرز من الكوريس الآتم سبباً في الحث على زيادة تخليق البروتين في الدم ليكون متاحاً لتكوين المخ . وعند إزالة الغدة في

الجراد الصحراوي من الأنثا لا يتكون الملح بالرغم من وجود كمية كافية من الملح في الدم وهذا أدى إلى إستنتاج أن الهرمون المنتج من الكوربورا الآثم يعمل مباشرة على الخلايا البيضاء أو الخلايا ذات الشكل الورق بالمبيض المتحكم في حركة البروتين إلى داخل الخلايا البيضاء .

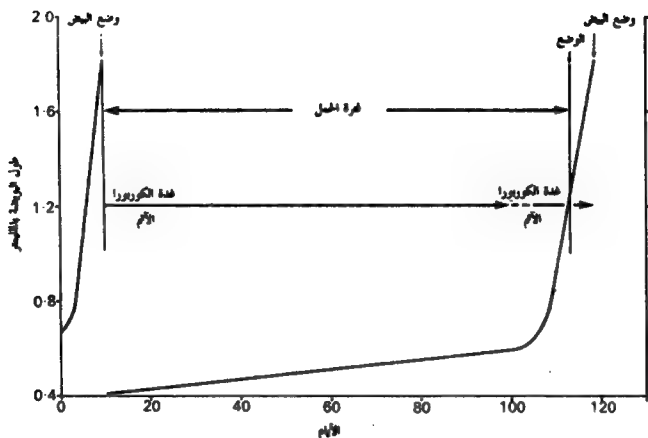
ولا يقتصر عمل الهرمون المفرز من الخلايا المفزة في الملح على التحكم في إفراز الكوربورا الآثم، ولكنه يكون ضرورياً لتخليق البروتين وخاصة في حشرقي *Calliphora* . ولا ينطبق ذلك على كل الحشرات . وقد وجد أن وجود الخلايا المفزة ليس ضرورياً في حشرة مثل *Rhodnius* حيث إن إزالة هذه الخلايا لا يكون مؤثراً على النمو الطبيعي للخلايا البيضاء .

كما وجد أنه عند إنتهاء عملية ترسيب الملح في الخلايا البيضاء فإن غدة الكوربورا الآثم ترجع غير نشطة ويكون هذا ضرورياً حيث إنه يجب أن يبدأ نضج السلسلة البيضاء الثانية قبل وضع المجموعة الأولى ولم يعرف ماذا يحكم هذه التغيرات في نشاط غدة الكوربورا الآثم . وفي حشرة *Iphita* من مختلفة الأجنحة *Heteroptera* فإنه من المحتمل أن تثبط خلايا الملح المفزة بواسطة الهرمون من الخلايا البيضاء كاملة التطور أو النمو، ولكن في أنواع أخرى فإن ذلك لا يحدث، ولكن يُكبت نشاطها في هذه الحالة بواسطة الجهاز العصبي . وفي حشرات رتبة دهلوبيترا *Diptera* وبعض الصراصير فإن البيض يظل في الرحم أثناء التطور الجنيني . ويتمدد جدار كيس الحفنة عن طريق كيس البيض *Ootheca* ويحدث التنبيه لمستقبلات في الجدار مما يؤدي إلى تنبيه الجهاز العصبي لأحداث تنبيط في غدة الكوربورا الآثم فلا تنتج هرمون فيها، ولذا لا يحدث بلوغ في خلايا بيض أخرى . وأثناء عملية الحمل تتأقلم المستقبلات الموجودة في جدار كيس الحفنة أو تتأقلم الجهاز العصبي المركزي نفسه . ببعد ولذا فإن عند وقت الولادة فإنه تزول عملية تنبيط غدة الكوربورا الآثم وتبدأ خلايا بيضية جديدة في البلوغ . وبهذه الطريقة تنتج دورات تطور نمو للخلايا البيضاء على أقل فترات ممكنة - والشكل (٣١ - ٥) يوضح نمو وتطور الخلايا البيضاء في الـ *Diptera* والصراصير الولادة .

ومن المحتمل أن يكون الهرمون الذي يؤثر على عملية نمو الخلايا البيضاء هو نفسه هرمون الشباب والحالة الوحيدة التي يقوم فيها هرمونات بعملية تحديد أشكال الأفراد في مجتمع النمل *Kaloterms* ولكن حتى في هذه الحالة فمن المحتمل أن يكون ذلك راجعاً إلى هرمون واحد، لكن التركيز هو العامل المحدد للمظهر *Caste* .

والإفراز المتحكم في نمو الخلية البيضاء يخلق وسيلة لإنتاج البيض وتوجيه إنتاجه في الظروف البيئية المناسبة وفي حشرات *Phasmida* والحشرات البالغة من رتبة حرشقية الأجنحة فإن غدة الكوربورا الآثم لا تلعب دوراً في هذا المجال .

وفي حشرات *Carnassus* والتي تتوالد بكريا وتستمر التغذية وإنتاج البيض فيها فإنها لا تحتاج هذه العمليات لتنظيم وإفرازات جسمية معينة . وهناك أنواع من رتبة حرشقية الأجنحة والتي يوضع فيها البيض على هيئة لطح (تجمعات) يوضع البيض في أثناء النمو الطفري وفي هذه الحالة تعدد المبايض منافسة للنمو. وتتأثر الأطوار المبكرة من النمو بهرمون الشباب بينما هناك أنواع أخرى من حرشقية الأجنحة والذي يوضع فيها البيض في مرحلة البلوغ تلعب غدة الكوربورا الآثم دوراً في هذه العمليات كما في الحشرات الأخرى .



(شكل ٣٩-٥) يوضح نمو وتطور الخلايا الجذعية في الغدة الدرقية.

٣٩-١-٧ الوظائف الأخرى للهرمونات

التأثير الغذائي Metabolism : غالباً ما يكون فعل الهرمونات مصحوباً بزيادة في استهلاك الأكسجين، وذلك تبعاً للزيادة في عمليات التخليق وفي بعض الحالات قد تكون تلك الزيادة في استهلاك الأكسجين راجعة إلى التأثير المباشر على عمليات الأيض الفوسفورية . وهرمون غدة الكوربوس ألام عادة يكون له تأثير تنبيهي (تخفيزي) لعمليات التمثيل الغذائي الأساسية ، وفي غناسف الـ *Lepionerose* عند إستهصال هذه الغدة يؤدي ذلك إلى تحلل الأجسام العضوية *sarcosomes* في عضلات الطيران . ومن المعتقد كذلك أن تأثير هرمون الانسلاخ قد ينبه عمليات التمثيل لبعض البروتينات الخاصة ، وفي بعض الحالات فإنه من المعروف أن الهرمونات يكون لها تأثير مباشر لعمليات التمثيل الغذائي .

توازن الماء Water balance : هناك بعض الأدلة على أن إخراج الماء يتم التحكم فيه بواسطة هرمون معين ، فبقية الـ *Rhodesius* تفرز كمية كبيرة من الماء بعد تناولها وجبة الدم مباشرة على ذلك فإنه يتم تركيز الغشاء ، وقد وجد

العالم Maffrell سنة ١٩٦٢ أن النشاط الإخراجي لأنابيب مليجي يكون محكوما مباشرة عن طريق هرمون يفرز من الكتلة العصبية الموجودة في الصدر الأوسط ، وبدأ إخراج الماء خلال ثلاث دقائق من بداية الحشرة لتناولها الغذاء والانتقال السريع للهرمون يكون ضروريا بالتسهيل هذه العملية ومما يساعد على انتقال الهرمون السريع هو زيادة معدل دوران الدم والذي ينتج هو الآخر نتيجة التقلصات القوية للقناة الهضمية .

والهورمون المنظم لإخراج الماء ينتج أيضا بواسطة غدة حشرة الـ *Antisecretory* التابعة لغدة الأجنحة ، وإفراز هذا الهورمون يتم تنبيهه عن طريق الحبل العصبي المركزي وربما يكون هناك أعضاء حس في المقعد العصبية البطنية تكون حساسة للمحتوى المائي للهيموليف . وهناك أيضا بعض الأدلة على إنتاج الهرمون المنظم لإدرار الماء بواسطة الخلايا العصبية المفرزة في حشرات كل من *Iphilia*, *Blaterus*, *Periplaneta* والجراد وكذلك على الرغم من أن قد يكون من الممكن أن هذا التأثير يحدث نتيجة للتأثير الهورموني على بعض عمليات التمثيل الأخرى .

وهناك أيضا براهين على وجود هورمون يمنع إدرار البول في الحشرات ففي الجراد ونجد أن بعض الخلايا العصبية المفرزة في المقعد العصبية البطنية تطلق إفرازاتها التي تعمل على عدم إدرار البول، وذلك عند فقد الحشرة للماء ، وقد وجد هذا الهرمون أيضا في الصراصير والـ *Iphilia* والـ *Blaterus* .

وإطلاق الهرمون الذي يعمل على إخراج الماء من حشرات الـ *Rhodnius* والصراصير يتم التحكم فيه بواسطة إشارات حسية يتم استقبالها من البطن .

رقم الإيداع : ٧٠٤٦ / ١٩٨٨

دار المدينة المنورة للطبع والنشر

« كتب الدار العربية للنشر والتوزيع »

• في العلوم الزراعية والإنتاج الحيواني :

- الكائنات الدقيقة .. صفياً
- دليل الإنتاج الحيواني للدجاج ، جزء أول .. جزء ثان ،
- عالم البكترييات
- علم الحيوان ، جزء أول .. جزء ثان .. جزء ثالث .. جزء رابع ،
- السيطرة على الآفات
- علم التربة والأراضي ، مبادئ وتطبيقات ،
- الاقتصاد الزراعي ، المبادئ والسياسة الزراعية ،
- النباتات العطرية ومنتجاتها الزراعية والدوائية
- أساسيات علم التوراة
- الاتحادات الحديثة في المبيدات ومكافحة الحشرات
- (جزء أول .. جزء ثان)
- التغذية الطبية والتطبيقية
- : للدجاج — الطيور بأنواعها — الأتارب — الإسمك ،
- أساسيات إنتاج الحليب ، وتكنولوجيا الزراعات
- المكتشفة والحمية : السموات ،
- الطرقات الزراعية العلمية — مبادئ علم التوراة
- مقدمة ل نباتات الزينة
- محاصيل الحبوب
- حيوانات المزرعة
- علم البساتين
- أساسيات أمراض النبات
- الحشرات ، التركيب والوظيفة ،
- (جزء أول .. جزء ثان)
- سائلين الفاكهة : تسليمة الخضرة — سائلين الفاكهة — معالجة الأوراق ولم تشايد
- إنتاج اللبن واللحم من الدواجن

• سلسلة العلم والممارسة في تربية الحيوانات :

- استنساخ — الطائس — البصل والفراخ — الترحات —
- تكنولوجيا الزراعات المائية والصوبات ، .. مخبر العربية .
- كروم النصب وطرق إنتاجها
- في العلوم المحيية والأغذية :
- الغذاء بين الفرض وفنارت الحياة .
- الطريق إلى الغذاء الصحي .
- أسس صحة علمية تطبيقية ،
- أساسيات علوم الأغذية والصنع الغذائي .
- المواد الحافظة للأغذية
- التغذية الصحية للإنسان .
- أسس علوم الأغذية
- كتب أخرى :
- السرطان وإحصاء سليمان ، قصة علمية ،

على حسن